

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 3 日
Date of Application:

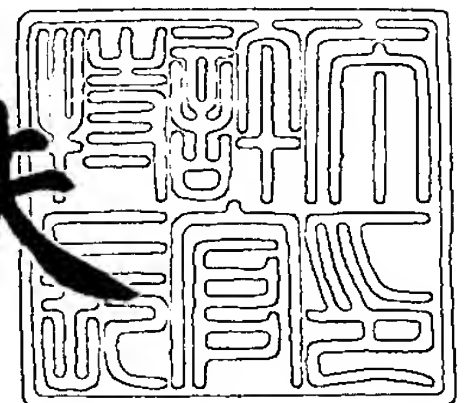
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 5 6 3 4 3
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 5 6 3 4 3]

出 願 人 シャープ株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 2 2 2 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J04897

【提出日】 平成15年 3月 3日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 7/064
G11B 7/135
G02B 5/18

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 西岡 澄人

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 中野 郁雄

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ピックアップ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

$\lambda 1 < \lambda 2 < \lambda 3$ の関係を有する波長 $\lambda 1$, $\lambda 2$, $\lambda 3$ の第 1 , 第 2 , 第 3 の光ビームをそれぞれ出射する第 1 , 第 2 , 第 3 の光源を備え、上記第 1 , 第 2 , 第 3 の光ビームを、同じ集光手段により、光透過層の厚さが異なる第 1 , 第 2 , 第 3 の記録媒体の各情報記録面に集光させて情報の記録あるいは再生を行う光ピックアップにおいて、

上記第 1 , 第 2 , 第 3 の光源から上記対物レンズまでの共通の光路中に配置され、回折面と屈折面とを有し、各光ビームを、光ビームの波長に応じて収束／発散させると共に、上記回折面で、第 1 の光ビームは 1 次回折光とし、第 2 の光ビーム及び第 3 の光ビームは第 1 の光ビームの回折次数と同じかもしくはそれより低い回折次数の回折光として上記集光手段に入射させる回折光学素子を備え、

上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記集光手段に入射する各光ビームの回折光の回折効率が、それぞれ、他の回折次数の回折光の回折効率よりも高くなるように設定されていることを特徴とする光ピックアップ。

【請求項 2】

上記回折光学素子は、上記第 1 の光ビームを 1 次回折光とし、第 2 , 第 3 の光ビームを 0 次回折光として上記集光手段に入射させ、

上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1 の光ビームに対しては 1 次回折光の回折効率が最も高く、第 2 , 第 3 の光ビームに対してはそれぞれ 0 次回折光の回折効率が最も高くなるように設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光ピックアップ。

【請求項 3】

上記回折光学素子は、上記回折面及び屈折面として、収束型の回折面と凹面の屈折面とを備えていることを特徴とする請求項 2 に記載の光ピックアップ。

【請求項 4】

上記回折光学素子は、上記第 1 , 第 2 , 第 3 の光ビームを、それぞれ 1 次回折

光として上記集光手段に入射させ、

上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1，第 2，第 3 の何れの光ビームに対しても 1 次回折光の回折効率が最も高くなるように設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光ピックアップ。

【請求項 5】

上記回折光学素子は、上記回折面及び屈折面として、発散型の回折面と凸面の屈折面とを備えていることを特徴とする請求項 4 に記載の光ピックアップ。

【請求項 6】

上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1 の光ビームの 1 次回折光の回折効率が 9 0 % 以上になるように設定されていることを特徴とする請求項 1、2 または 4 に記載の光ピックアップ。

【請求項 7】

上記回折光学素子に入射する第 2，第 3 光ビームの収束／発散度合いをそれぞれ Φ_{inr} ， Φ_{inIr} とし、上記集光レンズに入射する第 2，第 3 光ビームの収束／発散度合いをそれぞれ Φ_{outr} ， Φ_{outIr} とすると、

$$|\Phi_{outr}| > |\Phi_{inr}|、かつ、|\Phi_{outIr}| > |\Phi_{inIr}|$$

を満足することを特徴とする請求項 1、2、または 4 に記載の光ピックアップ。

【請求項 8】

上記回折光学素子の屈折面は非球面であることを特徴とする請求項 1 に記載の光ピックアップ。

【請求項 9】

上記回折光学素子の回折面は、屈折面上に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光ピックアップ。

【請求項 10】

上記回折光学素子の回折面における回折格子は、鋸歯状または階段状に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光ピックアップ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、記録媒体に情報を記録、または、記録媒体から情報を再生するための光ピックアップに関するものであり、より詳しくは、光入射面から情報記録面に至る光透過層に厚さや、最適な再生信号で得られる波長の異なる記録媒体に対して、情報を記録または再生するために好適な光ピックアップに関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、例えばDVD (digital video disc) やCD (compact disc) 等の光ディスク (光記録媒体) から記録情報を読み取り可能な光学式ディスクプレーヤ (光学式記録再生装置) がある。最近では、容量4.7GBのDVDが市場に導入されているが、さらに高密度な光ディスクへの要求が強く、その実現に向けた検討が進んでいる。記録密度の向上には、よく知られているように読み取りに使用する光の短波長化、及び対物レンズの高NA化が有効である。

【 0 0 0 3 】

現在、次世代高密度光ディスクを再生するための光ピックアップでは、対物レンズの開口数 (Numerical Aperture : NA) が従来のDVDにおける0.6から0.85に引き上げられるとともに、使用する光の波長が従来のDVDにおける650nmから405nmに短波長化されることにより、絞り込みスポットが微小化され、高記録密度化が図られている。

【 0 0 0 4 】

ところで、対物レンズのNAを大きくすると光ディスクが傾いたときに発生するコマ収差が急激に増大するため、絞り込みスポットの集光特性が劣化しやすくなるという問題点がある。光ディスクの傾きにより発生するコマ収差は、光ディスクにおける光入射面から情報記録面に至る光透過層の厚さに比例するため、光ディスクの光透過層を薄くすることにより対物レンズのNAを大きくすることにもなうコマ収差の増大を抑制することが可能である。この考え方に基づいて、次世代高密度光ディスクにおいては、光透過層を従来のDVDにおける0.6mmから0.1mmに薄型化することが提案されている。

【 0 0 0 5 】

ここで、次世代高密度光ディスクには、現在広く普及している従来のDVDやCDとの互換性の確保が求められる。つまり、次世代高密度光ディスクを再生するための光学式ディスクプレーヤは、現在のDVDやCDをも再生できることが必要となる。

【 0 0 0 6 】

しかし、使用する光の波長や、光ディスクの光透過層の厚さが異なると、光ディスクの互換性の確保が困難になるという問題がある。通常、対物レンズは、特定の光ディスクの光透過層厚さ、及び使用する光の波長を想定して設計されているため、光透過層厚さや使用する光の波長が大きく異なる光ディスクに対しては、絞り込みスポットに球面収差が発生し、絞り込みスポットの集光特性が劣化するからである。なお、本明細書において、球面収差とは、光線中心に近い近軸光線の焦点位置と、光線中心から離れた光線である周辺光線の焦点位置との差を指す。

【 0 0 0 7 】

このため、使用波長に応じた複数のレーザ光源を備え、同一の対物レンズで記録面へ必要な開口数でレーザ光を収束する光ピックアップが、提案されている（例えば、非特許文献1）。

【 0 0 0 8 】

一般に、記録密度の異なる光ディスクに対応可能な光ピックアップ（互換型光ピックアップ）では、より記録容量の多い光ディスクに対して収差が補正された対物レンズが用いられる。したがって、上記次世代高密度光ディスクと、従来のDVDやCDに対応可能な互換型光ピックアップとでは、次世代高密度光ディスクに対して対物レンズの収差が補正されることになる。この対物レンズを、次世代高密度光ディスクとは光透過層の厚さが異なる従来のDVDやCDにそのまま使用すると、球面収差が増大して記録再生できなくなる。

【 0 0 0 9 】

そこで、上述の球面収差の増大を抑えるために、従来のDVDやCDを記録再生する際に、上記対物レンズに発散光を入射させ、光透過層が厚いために発生する球面収差と逆向きの収差が発生させることにより、上記球面収差を補正するこ

とが考えられる。

【0 0 1 0】

つまり、厚さの異なる光透過層を有する光ディスクを記録再生するためには、それぞれに対応する波長の光の発散／収束度合いを変えて対物レンズに対して入射させることになる。

【0 0 1 1】

有効径が3 mmの対物レンズに対し、青色光（4 0 5 nmの波長の光）を平行光で入射させ、光透過層の厚みが0. 1 mmの次世代高密度光ディスクに集光させる場合、光透過層の厚みが大きいために発生するDVDでの球面収差を補正するのに必要な赤色光（6 5 0 nmの波長の光）の発散度合いを約- 0. 0 3とする必要があり、さらに光透過層の厚みが大きいCDでの球面収差を補正するには赤外光（7 8 5 nmの波長の光）の発散度合いは約- 0. 0 7と大きくする必要がある。ここで、発散／収束度合いは焦点距離の逆数であり、負の値のときは発散光を、正の値のときは収束光を表す。

【0 0 1 2】

このとき、赤色光及び赤外光に関しては、対物レンズに入射する光の発散度合いが大きいため、トラッキングなどによる対物レンズのラジアル方向（対物レンズに入射する光ビームの光軸にほぼ直交する方向）のシフトにより、光ディスク上の絞り込みスポットに付加されるコマ収差が増大してしまい集光特性が大きく劣化する可能性がある。特に、CDの場合は、対物レンズに入射する光の発散度合いがより大きいため、対物レンズのラジアル方向のシフトによる集光特性の劣化が大きくなってしまう。また、CDの場合、作動距離をDVD並に確保しようとすると、上記の発散光を対物レンズに入射するためには、光源である半導体レーザと対物レンズとの距離が短くなり、実質上、半導体レーザを配置できなくなるおそれがある。

【0 0 1 3】

これに対し、非特許文献1には、使用波長が4 0 5 nmで光透過層が0. 1 mmの光ディスクと、使用波長が6 5 5 nmで光透過層が0. 6 mmの光ディスクと、使用波長が7 8 5 nmで光透過層が1. 2 mmの光ディスクとを、対物レン

ズと、7 8 5 n mの波長の光ビームに対してのみ凹レンズとして作用するホログラム（回折素子）とを設けた光学系により記録再生する技術が開示されている。

【 0 0 1 4 】

上記対物レンズは、次世代高密度光ディスクに対して球面収差が補正されている。4 0 5 n mの波長の光ビームは平行光で出射され、ホログラムをそのまま通過した後、平行光で対物レンズに入射することにより、光透過層が0. 1 m mの光ディスクの記録面に良好な絞り込みスポットを形成する。

【 0 0 1 5 】

D V Dの場合、6 5 5 n mの波長の光ビームは発散光で出射し、ホログラムをそのまま通過した後、対物レンズに入射することにより、光透過層が0. 6 m mの光ディスクの記録面に良好な絞り込みスポットを形成する。このとき、該光ビームの発散光は、D V Dと次世代高密度光ディスクにおいて、光透過層の厚みが異なることにより発生する球面収差が最小となるように設定されている。

【 0 0 1 6 】

これに対して、C Dの場合、7 8 5 n mの波長の光ビームに対してホログラムが凹レンズとして作用することから、平行光で出射された7 8 5 n mの波長の光ビームは、1 次回折光としてホログラムを通過する。該光ビームは発散光として対物レンズに入射することにより、光透過層が1. 2 m mの光ディスクの記録面に良好な絞り込みスポットを形成する。

【 0 0 1 7 】

ここで、7 8 5 n mの波長の光ビームは、ホログラムに設けた凹レンズにより、発散光として対物レンズに入射するので、平行光で出射すればよい。従って、上記光ビームの光源としての半導体レーザを配置することが可能になる。

【 0 0 1 8 】

【非特許文献 1】

海保直樹、他 6 名，「Blu-ray DiscにおけるDVD/CD互換技術」，第 6 3 回応用物理学関係連合講演会 2 0 0 2 年秋季 講演予稿集，N o. 3，1 0 0 8 頁 講演番号（2 7 p - Y D - 5）

【 0 0 1 9 】

【発明が解決しようとする課題】

C D に対して情報の記録または再生を行う場合にのみ凹レンズとして作用するホログラム（回折素子）を利用する上記非特許文献 1 に開示された技術を、互いに厚さの異なる光透過層を有する光ディスクとして、使用波長が 4 0 0 n m で光透過層の厚さが 0 . 1 m m の次世代高密度光ディスク、使用波長が 6 5 0 n m で光透過層の厚さが 0 . 6 m m の D V D ディスク、及び使用波長が 7 8 0 n m で光透過層の厚さが 1 . 2 m m の C D に対して、情報の記録または再生が可能な光ピックアップに利用した場合の問題点を本発明に係る図 5 を参照して以下に説明する。

【0 0 2 0】

後述するようにホログラム（回折素子）の利用波長の回折効率、回折格子の深さにより決定される。図 5 は、P C（ポリカーボネイト）基板に回折格子を形成した場合の回折格子の深さと各利用波長の各回折次数についての回折効率との関係を示すグラフである。図 5 中、B 0、B 1、B 2、R 0、R 1、I r 0、及び I r 1 は、それぞれ次世代高密度光ディスクの使用波長（4 0 0 n m）の光ビームの 0 次回折光、1 次回折光、2 次回折光、D V D の使用波長（6 5 0 n m）の光ビームの 0 次回折光、1 次回折光、C D の使用波長（7 8 0 n m）の光ビームの 0 次回折光、1 次回折光の回折効率を表している。

【0 0 2 1】

図 5 からわかるように、上記非特許文献 1 に開示された技術を上記光ピックアップに利用した場合、7 8 0 n m の波長での 1 次回折光が、その波長での他の次数の回折光より高くなるように回折格子の深さを設定すると、他の波長での所定回折次数の回折光（4 0 5 n m 及び 6 5 0 n m の波長では 0 次回折光）の回折効率は概ね 1 0 % 以下になり、逆に、4 0 5 n m または 6 5 5 n m の波長での 0 次回折光が、それぞれの波長での他の次数の回折光より高くなるように回折格子の深さを設定すると、7 8 5 n m の波長での 1 次回折光の回折効率が概ね 1 0 % 以下となる。このため、どの波長の光に対しても光の利用効率が高くなるように回折格子の深さを設定することは実質的に不可能である。

【0 0 2 2】

特に、より高出力のレーザの作成が困難である 4 0 5 n m の波長の光ビームに対して、回折効率、すなわち光の利用効率が大きくなるように、例えばその回折効率が 8 0 % 以上となるように上記回折格子の深さを設定した場合、7 8 0 n m の波長の 1 次回折光の利用効率は 5 % 以下になってしまう。そのため、上記光ピックアップを用いた場合、C D に対する情報の記録または再生に際し、十分な光量が得られないという問題が発生する。

【0 0 2 3】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、光透過層の厚さ及び再生に最適な光ビームの波長が異なる複数の記録媒体に対して情報の記録または再生が可能であると共に、各記録媒体に入射される光量のロスを低減することができる光ピックアップを提供することにある。

【0 0 2 4】

【課題を解決するための手段】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、 $\lambda 1 < \lambda 2 < \lambda 3$ の関係を有する波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ の第 1、第 2、第 3 の光ビームをそれぞれ出射する第 1、第 2、第 3 の光源（例えば半導体レーザ）を備え、上記第 1、第 2、第 3 の光ビームを、同じ集光手段（例えば対物レンズ）により、光透過層の厚さが異なる第 1、第 2、第 3 の記録媒体（光ディスク、例えば、順に、次世代高密度光ディスク、D V D、C D）の各情報記録面に集光させて情報の記録あるいは再生を行う光ピックアップにおいて、上記第 1、第 2、第 3 の光源から上記対物レンズまでの共通の光路中に配置され、回折面と屈折面とを有し、各光ビームを、光ビームの波長に応じて収束／発散させると共に、上記回折面で、第 1 の光ビームは 1 次回折光とし、第 2 の光ビーム及び第 3 の光ビームは第 1 の光ビームの回折次数と同じかもしくはそれより低い回折次数の回折光として上記集光手段に入射させる回折光学素子を備え、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記集光手段に入射する各光ビームの回折光の回折効率が、それぞれ、他の回折次数の回折光の回折効率よりも高くなるように設定されていることを特徴としている。

【0 0 2 5】

互いに異なる波長の第 1, 第 2, 第 3 の光ビームを用いて、それぞれ第 1, 第 2, 第 3 の記録媒体の記録または再生を行う光ピックアップでは、最も短波長の第 1 の光ビームを第 1 の記録媒体に集光する場合について収差が補正された集光手段が用いられる。一方、第 1 の記録媒体とは光透過層の厚さの異なる第 2, 第 3 の記録媒体に対してそれぞれ第 2, 第 3 の光ビームを集光させるために同一の集光手段を使用すると、そのままでは第 2, 第 3 の光ビームの球面収差が増大してしまう。

【0 0 2 6】

しかしながら、上記の構成によれば、上記第 1, 第 2, 第 3 の光源から上記対物レンズまでの共通の光路中に上記回折光学素子が配置されることで、光透過層の厚さが異なる第 1, 第 2, 第 3 の記録媒体の各情報記録面に、互いに波長が異なる第 1, 第 2, 第 3 の光ビームが上記集光手段を介して形成する集光スポットの位置を変化させることができる。このため、上記の構成によれば、光透過層の厚さが異なる第 1, 第 2, 第 3 の記録媒体の各情報記録面に、互いに波長が異なる第 1, 第 2, 第 3 の光ビームを、1 つの集光手段を用いて集光させることが可能であり、しかも、上記回折光学素子に対する上記第 2, 第 3 の光ビームの発散度合いを抑えることができ、トラッキングなどによる上記集光レンズのラジアル方向へのシフトの影響を抑えることが可能となる。

【0 0 2 7】

また、上記回折光学素子における各光ビームの回折光の回折効率、該回折光学素子の回折面における回折格子の深さにより決定される。本願発明者らの検討によれば、上記回折光学素子が、その回折面では第 1 の光ビームを 1 次回折光とし、第 2 の光ビーム及び第 3 の光ビームを第 1 の光ビームの回折次数と同じかもしくはそれより低い回折次数の回折光とし、該回折面における回折格子の深さが、上記集光手段に入射する各光ビームの回折光の回折効率がそれぞれ他の回折次数の回折光の回折効率よりも高くなるように設定されていることで、各記録媒体に入射される光量のロスを、どの回折光に対しても低減することができる。このため、上記の構成によれば、光透過層の厚さの異なる 3 つの記録媒体に対する互換性を有し、かつ、各記録媒体の各情報記録面に入射される各回折光の回折効率

、すなわち、上記各光ビームの利用効率が高く、高出力の光ビームが必要となる情報の記録や消去を行うことができる光ピックアップを実現することができる。さらに、上記の構成によれば、各光ビームの出力を小さくすることができるため、光源での消費電力を抑えることができる。

【 0 0 2 8 】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、上記回折光学素子は、上記第 1 の光ビームを 1 次回折光とし、第 2，第 3 の光ビームを 0 次回折光として上記集光手段に入射させ、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1 の光ビームに対しては 1 次回折光の回折効率が最も高く、第 2，第 3 の光ビームに対してはそれぞれ 0 次回折光の回折効率が最も高くなるように設定されていることを特徴としている。

【 0 0 2 9 】

上記の構成によれば、上記回折光学素子が、上記第 1 の光ビームを 1 次回折光とし、第 2，第 3 の光ビームを 0 次回折光として上記集光手段に入射させ、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1 の光ビームに対しては 1 次回折光の回折効率が最も高く、第 2，第 3 の光ビームに対してはそれぞれ 0 次回折光の回折効率が最も高くなるように設定されていることで、各記録媒体に入射される光量のロスを、どの回折光に対しても低減することができると共に、同じ集光手段を用いて異なる光透過層厚の記録媒体に対して良好な集光スポットを形成することができる。また、上記の構成によれば、上記回折光学素子に対する上記第 2，第 3 の光ビームの発散度合いを抑えることができ、トラッキングなどによる上記集光レンズのラジアル方向へのシフトの影響を抑えることが可能となる。このため、上記の構成によれば、光透過層の厚さの異なる 3 つの記録媒体に対する互換性を有し、かつ、各記録媒体の各情報記録面に入射される各回折光の回折効率が何れも高く、高出力の光ビームが必要となる情報の記録や消去を行うことができる光ピックアップを実現することができる。さらに、上記の構成によれば、各光ビームの出力を小さくすることができるため、光源での消費電力を抑えることができる。

【 0 0 3 0 】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、上記回折光学素子は、上記回折面及び屈折面として、収束型の回折面と凹面の屈折面とを備えていることを特徴としている。

【 0 0 3 1 】

上記の構成によれば、第 1 の記録媒体専用の光ピックアップよりも使用可能な波長範囲が広くなり、第 1 の記録媒体専用の対物レンズを単体で用いる場合よりも波長依存特性を改善することができる。したがって、上記構成では、モードホップなどによる波長変動が生じて、良好な集光特性を保つことができる。また、回折光学素子の回折面の最小ピッチを広げることができ、回折光学素子の作成を容易にすることができる。

【 0 0 3 2 】

さらに、上記の構成によれば、上記集光手段に弱い発散光を入射するだけで、上記集光手段に所定の発散度合いで光ビームを入射することが可能になる。そのため、上記集光手段のラジアル方向へのシフトに対する影響を小さくすることができると共に、上記集光手段に対する光源の位置を遠くすることが可能になり、光源の配置が容易になる。

【 0 0 3 3 】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、上記回折光学素子は、上記第 1，第 2，第 3 の光ビームを、それぞれ 1 次回折光として上記集光手段に入射させ、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1，第 2，第 3 の何れの光ビームに対しても 1 次回折光の回折効率が最も高くなるように設定されていることを特徴としている。

【 0 0 3 4 】

上記の構成によれば、上記回折光学素子が、上記第 1，第 2，第 3 の光ビームを、それぞれ 1 次回折光として上記集光手段に入射させ、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1，第 2，第 3 の何れの光ビームに対しても 1 次回折光の回折効率が最も高くなるように設定されていることで、各記録媒体に入射される光量のロスを、どの回折光に対しても低減することができると共に、同じ集光手段を用いて異なる光透過層厚の記録媒体に対して良好な集光ス

ポットを形成することができる。また、上記の構成によれば、上記回折光学素子に対する上記第 2，第 3 の光ビームの発散度合いを抑えることができ、トラッキングなどによる上記集光レンズのラジアル方向へのシフトの影響を抑えることが可能となる。このため、上記の構成によれば、光透過層の厚さの異なる 3 つの記録媒体に対する互換性を有し、かつ、各記録媒体の各情報記録面に入射される各回折光の回折効率が何れも高く、高出力の光ビームが必要となる情報の記録や消去を行うことができる光ピックアップを実現することができる。さらに、上記の構成によれば、各光ビームの出力を小さくすることができるため、光源での消費電力を抑えることができる。

【 0 0 3 5 】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、上記回折光学素子は、上記回折面及び屈折面として、発散型の回折面と凸面の屈折面とを備えていることを特徴としている。

【 0 0 3 6 】

上記の構成によれば、1 つの集光手段を用いて、光透過層の厚さが異なる各記録媒体に対して、良好な集光スポットを形成することができる。また、上記の構成によれば、上記集光手段に弱い発散光を入射するだけで、上記集光手段に所定の発散度合いで光ビームを入射することが可能になる。そのため、上記の構成によれば、第 2，第 3 の光ビームの上記回折光学素子への発散度合いを抑えることができ、上記集光手段のラジアル方向へのシフトによる集光特性の劣化をより効果的に抑えることができると共に、上記集光手段に対する光源の位置を遠くすることが可能になり、光源の配置が容易になる。

【 0 0 3 7 】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1 の光ビームの 1 次回折光の回折効率が 9 0 % 以上になるように設定されていることを特徴としている。

【 0 0 3 8 】

上記の構成によれば、上記第 1，第 2，第 3 のどの光ビームの回折光に対しても回折効率を向上させることができる。これにより、各光ビームの出力を小さく

することができるため、光源の消費電力を抑えることができる。また、上記の構成によれば、高出力のレーザを作成することが困難な第 1 の光ビームに対して、より利用効率の高い光ピックアップを実現することができる。

【 0 0 3 9 】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、上記回折光学素子に入射する第 2，第 3 光ビームの収束／発散度合いをそれぞれ Φ_{inr} ， Φ_{inIr} とし、上記集光レンズに入射する第 2，第 3 光ビームの収束／発散度合いをそれぞれ Φ_{outr} ， Φ_{outIr} とすると、

$$|\Phi_{outr}| > |\Phi_{inr}|、かつ、|\Phi_{outIr}| > |\Phi_{inIr}|$$

を満足することを特徴としている。

【 0 0 4 0 】

上記の構成によれば、回折光学素子に入射する第 2，第 3 の光ビームよりも、回折格子から出射する第 2，第 3 の光ビームの方が、収束／発散度合いの絶対値を大きくなるようにすることにより、光透過層の厚さが異なることにより発生する球面収差の増大抑制効果を十分に得つつ、回折光学素子に対して入射させる第 2，第 3 の光ビームの収束／発散度合いの絶対値を小さくすることが可能となる。つまり、平行光に近づけることが可能となる。これにより、特に本発明の光ピックアップにおいて、第 3 光ビームを小さい収束／発散度合いで回折光学素子に入射することが可能となる。

【 0 0 4 1 】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、上記回折光学素子の屈折面は非球面であることを特徴としている。

【 0 0 4 2 】

上記の構成によれば、上記各記録媒体の光透過層の厚さの違いによって発生する球面収差をさらに補正し、かつ、上記集光手段のシフト特性の悪化を抑えることができ、より良好な集光特性が得ることができる。

【 0 0 4 3 】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、上記回折光学素子の回折面は、屈折面上に形成されていることを特徴としている。

【 0 0 4 4 】

上記の構成によれば、回折光学素子の屈折面と回折面との位置合わせが不要になり、回折光学素子をより容易に作製することができる。

【 0 0 4 5 】

本発明の光ピックアップは、上記の課題を解決するために、上記回折光学素子の回折面における回折格子は、鋸歯状または階段状に形成されていることを特徴としている。

【 0 0 4 6 】

上記の構成によれば、回折光学素子における各光ビームの回折効率を向上させることができる。これにより、各光ビームの出力を小さくすることができるため、光源での消費電力を抑えることができる。このため、上記の構成は、高出力なビームが必要となる情報の記録や消去を行う光ピックアップの特に有効である。

【 0 0 4 7 】

【発明の実施の形態】

本発明の光ピックアップに関する実施の一形態について図 1 (a) ・ (b) ・ (c) ～図 8 に基づいて説明すれば以下のとおりである。

【 0 0 4 8 】

本実施形態の光ピックアップの概略構成を図 3 に示す。本実施形態では、次世代高密度光ディスク（以下、第 1 光ディスク 1 4 a、第 1 記録媒体）、従来の D V D（以下、第 2 光ディスク 1 4 b、第 2 記録媒体）、及び従来の C D（以下、第 3 光ディスク 1 4 c、第 3 記録媒体）に対応可能な光ピックアップ 2 0 について説明する。

【 0 0 4 9 】

なお、第 1 光ディスク 1 4 a は、使用する光（第 1 光ビーム）が波長（第 1 波長 λ_1 ） 4 0 5 n m 付近の短波長の青色光、該第 1 光ディスク 1 4 a の光透過層 1 4 a₁ の厚さ t_1 が 0. 1 m m のものであり、第 2 光ディスク 1 4 b は、使用する光（第 2 光ビーム）が波長（第 2 波長 λ_2 ） 6 5 0 n m 付近の長波長の赤色光、該第 2 光ディスク 1 4 b の光透過層 1 4 b₁ の厚さ t_2 が 0. 6 m m のものであり、第 3 光ディスク 1 4 c は、使用する光（第 3 光ビーム）が波長（第 3 波

長 λ_3) 780 nm 付近の長波長の赤外光、該第3光ディスク14cの光透過層14c₁の厚さ t_3 が1.2 mmのものである。

【0050】

光ピックアップ20は、光源として、第1波長 λ_1 を有する第1光ビームを出射する半導体レーザ1a、第1波長 λ_1 より長い第2波長 λ_2 を有する第2光ビームを出射する半導体レーザ1b、及び第2波長 λ_2 より長い第3波長 λ_3 を有する第3光ビームを出射する半導体レーザ1cを備えている。半導体レーザ1a、半導体レーザ1b及び半導体レーザ1cは、対象となる光ディスクに応じて互いに切り換えて点灯される。

【0051】

光ピックアップ20は、さらに、半導体レーザ1a、1bから出射された第1及び第2光ビームをそれぞれほぼ平行光にするコリメータレンズ2a、2b、楕円形強度分布を有する第1及び第2光ビームをそれぞれほぼ円形の強度分布に整形する整形プリズムなどの整形光学系3a、3b、整形光学系3a、3bからの第1及び第2光ビームをそれぞれ透過させるビームスプリッタ4a、4bを備えている。

【0052】

整形光学系3a、3bは、1つの三角プリズム、貼り合わされた三角プリズムあるいは独立して配置された2つの三角プリズム等、公知の光学系によって構成されている。なお、光ピックアップ20は、整形光学系3a、3bを必ずしも備えていなくてもよい。また、逆に、光ピックアップ20は、さらに整形光学系3cを備えていてもよい。

【0053】

さらに、光ピックアップ20は、半導体レーザ1cから出射された第3光ビームをほぼ平行光にするコリメータレンズ2c、該コリメータレンズ2cを経た第3光ビームを通過させるビームスプリッタ4cを備えている。

【0054】

半導体レーザ1a、コリメータレンズ2a、整形光学系3a、及びビームスプリッタ4aにより第1光学系16aが構成され、半導体レーザ1b、コリメータ

レンズ 2 b、整形光学系 3 b、及びビームスプリッタ 4 b により第 2 光学系 1 6 b が構成され、半導体レーザ 1 c、コリメータレンズ 2 c、ビームスプリッタ 4 c により第 3 光学系 1 6 c が構成されている。

【 0 0 5 5 】

第 1 光学系 1 6 a 及び第 2 光学系 1 6 b から出射された第 1 及び第 2 光ビームは、ダイクロミラー 5 により互いの光軸が合わせられ、球面収差補償系 6 で光ビームの種類（第 1 光ビームまたは第 2 光ビーム）に応じて収束/発散度合いが変化される。その後、第 1 及び第 2 光ビームは、第 3 光学系 1 6 c から出射された第 3 光ビームとダイクロミラー 7 により互いの光軸が合わせられ、それ以降は共通光学系を通ることになる。

【 0 0 5 6 】

ここで、上記球面収差補償系 6 は、光ディスクにおける光透過層の厚みムラ等により発生する球面収差を補正する機能を有るビームエキスパンダーであり、かつ、光ディスクの光透過層の厚み差により発生する球面収差をと逆向きの球面収差を発生させるために光ビームの発散収束度合いを変化させる光ビーム制御手段としての機能を有している。

【 0 0 5 7 】

本実施の形態においては、上記球面収差補償系 6 は、第 1 光ディスク 1 4 a 及び第 2 光ディスク 1 4 b における光透過層 1 4 a₁、1 4 c₁の厚みムラ等により発生する球面収差を補正すると共に、後述する対物レンズユニット 1 3 の回折光学素子 1 1 に入射される第 2 及び第 3 光ビームの発散/収束度合いを変化させるようになっている。

【 0 0 5 8 】

一方、第 3 光ビームの収束/発散度合いを変化させる光ビーム制御手段としての機能は、コリメータレンズ 2 c が担っている。

【 0 0 5 9 】

なお、光ピックアップが整形光学系 3 a、3 b を備えない構成である場合には、上記第 3 光ビーム同様、球面収差補償系 6 を用いることなく、コリメータレンズ（コリメータレンズ 2 a、2 b、2 c）を使って第 1 及び第 2 光ビームの収束

、発散度合いを変化させるようにしてもかまわない。また、本実施の形態においては、さらに、これら以外の素子を使って第 1、第 2 及び第 3 光ビームの収束や発散度合いを変化させるようにしてもよい。

【0 0 6 0】

共通光学系において、第 1、第 2 及び第 3 光ビームは、1 / 4 波長板 8 を通過し、ミラー 9 で反射された後、対物レンズユニット 1 3 に入る。

【0 0 6 1】

対物レンズユニット 1 3 は、第 1、第 2 及び第 3 光ビームをそれぞれ第 1、第 2 及び第 3 光ディスク 1 4 a、1 4 b、1 4 c の情報記録面へ集光する対物レンズ 1 2（集光手段）、透光性を有する平凹または平凸レンズ（以下、これら平凹レンズ、平凸レンズを総称して屈折レンズと記す）の平面上に回折格子 1 1 a を有し、各光ビームを、光ビームの波長に応じて収束／発散させる回折光学素子 1 1、及び波長選択性開口フィルタ 1 0 が一体化された組立体である。

【0 0 6 2】

上記回折光学素子 1 1 と対物レンズ 1 2 とが一体化されていることで、回折光学素子 1 1 と対物レンズ 1 2 とが一体となって動くため、各光ディスクの面振れや、各光ディスクの情報トラックの回転偏心に対して、集光スポットを良好に追従させることができ、対物レンズ 1 2 の移動時においても上記回折光学素子 1 1 の性能を容易に維持することができる。

【0 0 6 3】

対物レンズユニット 1 3 に入った第 1、第 2 及び第 3 光ビームは、波長選択性開口フィルタ 1 0、回折光学素子 1 1、及び対物レンズ 1 2 を順次通過し、第 1 光ディスク 1 4 a、第 2 光ディスク 1 4 b、あるいは第 3 光ディスク 1 4 c の情報記録面上に微小な絞り込みスポットを形成する。

【0 0 6 4】

また、波長選択性開口フィルタ 1 0 は、第 1 波長 λ_1 を有する第 1 光ビームに対しては開口数が NA 1（具体的には 0.85）となるように働き、第 2 波長 λ_2 を有する第 2 光ビームに対しては開口数が NA 2（具体的には 0.6）となるように働き、第 3 波長 λ_3 を有する第 3 光ビームに対しては開口数が NA 3（具

体的には 0.45) となるように働くことで開口制御する。なお、ここでは波長選択性開口フィルタ 10 を、ミラー 9 と回折光学素子 11 との間に配置しているが、回折光学素子 11 及び対物レンズ 12 と一体的に動作可能であり、かつ、対物レンズ 12 と光源との間の場所であればどこに配置してもかまわない。また、上記のような開口制御と同じ機能を有するものであれば、波長選択性開口フィルタ 10 以外ののものであってもよい。

【0065】

また、第 1、第 2 及び第 3 光ビームのどの光ビームに対しても透過性を有さない材料で作成したレンズホルダーを対物レンズ 12 に装着することで、第 1 光ビームの開口制御 ($NA1 = 0.85$) を行うこともできる。この場合、上記波長選択性開口フィルタ 10 は、第 1 波長 $\lambda 1$ を有する光ビームに対しては透過光となるように働き、波長が第 2 波長 $\lambda 2$ の光ビームに対しては開口数が $NA2$ (具体的には 0.6) となるように働くことで、波長が第 3 波長 $\lambda 3$ の光ビームに対しては開口数が $NA3$ (具体的には 0.45) となるように開口制御するものであってもよい。

【0066】

なお、この場合にも、波長選択性開口フィルタ 10 の配置は、ミラー 9 と回折光学素子 11 との間に限定されるものではなく、回折光学素子 11 及び対物レンズ 12 と一体的に動作可能で、かつ対物レンズと光源の間の場所であればどこに配置してもかまわない。また、上記のような開口制御と同じ機能を有するものであれば、波長選択性開口フィルタ 10 以外ののものであってもよい。

【0067】

上記したように波長選択性開口フィルタ 10、回折光学素子 11 及び対物レンズ 12 は、対物レンズユニット 13 として一体化され、光ピックアップ 20 の他の光学系に対して、光軸方向、すなわち図 3 中、矢印 Z 方向に移動できるようになっている。これにより、上記したように、第 1、第 2 及び第 3 光ディスク 14a, 14b, 14c の情報記録面の面振れや、第 1、第 2 及び第 3 光ディスク 14a, 14b, 14c の情報トラックの回転偏心に対して、集光スポットを良好に追従させることができる。

【 0 0 6 8 】

光ピックアップ 2 0 は、以上の光照射光学系に加えて、さらに再生信号検出光学系 1 5 a, 1 5 b, 1 5 c を備えている。再生信号検出光学系 1 5 a, 1 5 b, 1 5 c では、公知の種々の光学系により、自動焦点やトラック追従といった光点制御信号、及び光ディスクに記録された情報信号の再生が行なわれる。

【 0 0 6 9 】

なお、上記対物レンズユニット 1 3 では、部品点数を減らすために、屈折レンズ、すなわち、平凹または平凸レンズの平面上に回折格子 1 1 a を形成して回折光学素子 1 1 を構成しているが、回折素子及びレンズの 2 つの光学素子を組み合わせて回折光学素子を構成してもよい。いずれにしても、回折光学素子 1 1 において回折作用を有する面を回折面、屈折作用を有する面を屈折面と称する。

【 0 0 7 0 】

なお、光ピックアップ 2 0 では、回折光学素子 1 1 の回折格子 1 1 a が波長選択性開口フィルタ 1 0 側（光源側）に形成されているが、対物レンズ 1 2 側に回折格子を形成しても同様の効果を得ることができる。

【 0 0 7 1 】

また、透光性のレンズの平面とは反対側の屈折面（凹面または凸面）上に回折格子を備えた回折光学素子を用いて対物レンズユニット 1 3 を構成してもよい。この場合は、屈折面と回折格子との位置合わせが簡単になる。

【 0 0 7 2 】

回折光学素子 1 1 の屈折レンズは、ガラスまたはプラスチックなどからなっている。また、回折光学素子 1 1 の回折格子 1 1 a は、屈折レンズの平面上に、光軸を中心にして同心円状に切削された環状溝またはフォトリソグラフィにより積層された凸の輪帯からなる。もしくは、ガラスモールドや樹脂成型により光軸を中心に同心円状に作製されている。

【 0 0 7 3 】

この回折格子 1 1 a は、光軸を含んだ平面に現れる断面形状がブレーズ形状すなわち鋸歯状に形成されることが好ましい。鋸歯状断面の回折格子は、回折効率が他より高いので有利である。また、回折格子 1 1 a は、光軸を含んだ平面に現

れる断面形状が階段状となるように形成されてもよい。階段状断面の回折格子は、鋸歯状断面の回折格子に次いで回折効率が高いので有利である。

【0 0 7 4】

上記回折格子 1 1 a は、例えば、光軸を中心にした同心円状に、異なるピッチで形成され、これにより、該回折格子 1 1 a の斜面の角度が、例えば光軸を中心に次第に大きくなるように形成されている。これにより、上記回折格子 1 1 a は、該回折格子 1 1 a に入射されるレーザ光を、該レーザ光の波長に応じて異なる回折角度で回折させることが可能となっている。

【0 0 7 5】

ここで、対物レンズ 1 2 は第 1 光ビーム（青色光：波長 4 0 5 n m）が平行光で入射し、第 1 光ディスク 1 4 a（次世代高密度光ディスク：使用波長 4 0 5 n m、光透過層 0. 1 m m）の情報記録面に対して収差が補正されるように設計しておく。

【0 0 7 6】

本実施の形態に係る光ピックアップ 2 0 では波面収差の精度が最も厳しい短波長の光を対物レンズ 1 2 に対して平行光で入射するようにしたことにより、短波長の光を使用したときの回折光学素子 1 1 と対物レンズ 1 2 との位置ずれによる収差の発生を抑制することができる。なお、本実施の形態においては収差の量を、液面収差として記載する。

【0 0 7 7】

回折光学素子 1 1 を通過後の第 1，第 2 及び第 3 光ビームの収束/発散度合い Φ_{outb} , Φ_{outr} , Φ_{outlr} はそれぞれ以下の数式（1）のように表すことができる。

【0 0 7 8】

【数 1】

$$\left. \begin{aligned} \Phi_{outb} &= \Phi_{inb} + \Phi_{HOEb} + \Phi_{Lb} \\ \Phi_{outr} &= \Phi_{inr} + \Phi_{HOEr} + \Phi_{Lr} \\ \Phi_{outlr} &= \Phi_{inlr} + \Phi_{HOElr} + \Phi_{Llr} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

【0 0 7 9】

ただし、 Φ_{inb} 、 Φ_{inr} 及び Φ_{inIr} はそれぞれ回折光学素子 11 に入射する各光ビーム（第 1、第 2 及び第 3 光ビーム）の収束/発散度合いを表し、 Φ_{HOEb} 、 Φ_{HOEr} 及び Φ_{HOEIr} は第 1、第 2 及び第 3 光ビームに対する回折面でのパワー、 Φ_{Lb} 、 Φ_{Lr} 及び Φ_{LIr} は第 1、第 2 及び第 3 光ビームに対する屈折面のパワーを表している。

【0080】

ここで、本明細書における収束/発散度合いや対物レンズユニット 13、特に回折光学素子 11 の各面でのパワーの定義について図 4 を用いて説明する。図 4 は、屈折率 n の部材で作られた回折光学素子 11 を通過する光線の状態を、光軸に垂直な方向から見た断面図であり、物点 O からの光線が回折面 D で回折され、屈折面 V で屈折されている様子を表している。

【0081】

回折光学素子 11 に入射する収束/発散度合い（入射収束/発散度合い） Φ_{in} は、物点 O と、光軸が回折面 D と交わる点 A との距離 s の逆数を表す。つまり、回折面 D の光軸との交点 A から距離 h 離れた回折面 D に角度 u で入射する光線の収束/発散度合いは以下の数式（2）のように表すことができる。

【0082】

【数 2】

$$\Phi_{in} = \frac{\tan u}{h} \quad \dots (2)$$

【0083】

また、回折光学素子 11 から出射する収束/発散度合い（出射収束/発散度合い） Φ_{out} は、回折光学素子 11 通過後の光線と光軸との交わる点 O' と、屈折面 V との距離 s' の逆数で表す。つまり屈折面 V の頂点 B から距離 h' 離れた屈折面 V から u' の角度で出射する光線の収束/発散度合いは以下の数式（3）のように表すことができる。

【0084】

【数 3】

$$\Phi_{out} = \frac{\tan u'}{h'} \dots (3)$$

【0 0 8 5】

なお、本明細書では、収束／発散度合いが負の値のときは発散光を、正の値のときは収束光を表す。また、本明細書では、 Φ_{in} や Φ_{out} に、第1光ビームに対する対物レンズ12の有効径 ϕ をかけた $\phi \times \Phi_{in}$ や $\phi \times \Phi_{out}$ により収束／発散度合いを表すこともある。

【0 0 8 6】

次に屈折面Vのパワー Φ_{bL} , Φ_{Lr} , Φ_{Llr} は、以下の数式(4)によって表すことができる。なお、本明細書では、パワーが負の値のときは発散パワーを、正の値のときは収束のパワーを表す。

【0 0 8 7】

【数 4】

$$\left. \begin{array}{l} \Phi_{Lb} = (1 - nb) / R \\ \Phi_{Lr} = (1 - nr) / R \\ \Phi_{Llr} = (1 - nlr) / R \end{array} \right\} \dots (4)$$

【0 0 8 8】

ここで、 nb , nr , nlr は、それぞれ第1, 第2及び第3光ビームについての回折光学素子11の屈折率であり、 R は屈折面Vの曲率半径である。また、回折面Dのパワー Φ_{HOE} は、回折面Dの形状を表す光路差関数から求めることができる。なお、屈折面Vのパワーと回折面Dのパワー Φ_{HOE} とは、入射光線を屈折させる能力を表す値として、同等の意味をもつものである。

【0 0 8 9】

第1光ビームが平行光で対物レンズ12に入射し、第1光ディスク14aに対して無収差となる場合、第2及び第3光ディスク14b, 14cに対して、光透過層14b₁, 14c₁の厚みの差により発生する球面収差を補正するのに必要な第2及び第3光ビームの回折光学素子11通過後の収束／発散度合い(対物レンズ12に入射する収束／発散度合い)は一般的に、それぞれ以下の数式(5)。

(6) の範囲であればよい。なお、該数式における ϕ は第 1 光ビームに対する対物レンズ 1 2 の有効径を表す。

$$-0.05 \leq \phi \times \Phi_{\text{outr}} \leq -0.16 \quad \dots \quad (5)$$

$$-0.15 \leq \phi \times \Phi_{\text{outIr}} \leq -0.26 \quad \dots \quad (6)$$

上記光ピックアップ 2 0 では、回折光学素子 1 1 を用いることで、 $\Phi_{\text{outb}} = 0$ のとき、以下の数式 (7)

$$|\Phi_{\text{outr}}| > |\Phi_{\text{inr}}|, \text{ かつ, } |\Phi_{\text{outIr}}| > |\Phi_{\text{inIr}}| \quad \dots \quad (7)$$

を満たすように設計されている。

【0 0 9 0】

これにより、発散度合いの絶対値が比較的小さい第 2 及び第 3 光ビームを対物レンズユニット 1 3 に入射させても、光透過層 1 4 b₁, 1 4 c₁ の厚さの違いにより発生する球面収差を補正するのに十分な発散度合いの光ビームを対物レンズ 1 2 に入射させることができるようになる。このように、発散度合いの絶対値が比較的小さい第 2 及び第 3 光ビームを対物レンズユニット 1 3 に入射させることができるので、第 2 及び第 3 光ビームとして発散度合いの絶対値が大きな発散光が回折光学素子 1 1 に入射されず、トラッキングなどに伴い、第 1, 第 2 及び第 3 光ビームに対して対物レンズユニット 1 3 がラジアル方向にシフトしたときの影響を小さくすることができる。なお、ラジアル方向とは、入射する第 1, 第 2 及び第 3 光ビームの光軸にほぼ直交する方向であり、図 3 においては、ほぼ矢印 Z 方向である。

【0 0 9 1】

また、上記のように設計することで、光源である半導体レーザ 1 a, 2 a, 3 a と、対物レンズ 1 2 との距離を長くすることができ、該半導体レーザ 1 a, 2 a, 3 a や対物レンズ 1 2 などの配置が容易になる。

【0 0 9 2】

上記設計のための条件は、回折面 D の形状を表す光路差関数や第 1, 第 2 及び第 3 光ビームの利用する回折次数、回折光学素子 1 1 へ入射する第 1, 第 2 及び第 3 光ビームの収束／発散度合い、屈折面 V の曲率半径や回折光学素子 1 1 の屈折率 n から決まる。ここでの符号が負の場合は発散光を正の場合は収束光を表し

ている。

【0 0 9 3】

上記光ピックアップ 2 0 は、 $\Phi_{outb}=0$ であることが好ましい。 $\Phi_{outb}=0$ であることにより、波面収差の精度が最も厳しい短波長の第 1 光ビームを対物レンズ 1 2 に対して平行光で入射することができる。その結果、第 1 光ビームを使用する場合において、回折光学素子 1 1 と対物レンズ 1 2 との位置ずれによる収差の発生を抑制することができる。

【0 0 9 4】

なお、上記光ピックアップ 2 0 が、第 1 光ビームが平行光で対物レンズ 1 2 に入射する場合に最適な設計である場合には、上記したように $\Phi_{outb}=0$ であることが望ましいが、上記第 1 光ビームが収束光や発散光で対物レンズ 1 2 に入射する場合に最適設計されているときは、 $\Phi_{outb}\neq 0$ であっても構わない。なお、 $\Phi_{outb}\neq 0$ の場合にも、上記光ピックアップ 2 0 は、回折光学素子 1 1 を用いて前記数式 (7) を満足するように設計されることで、発散度合いの絶対値が比較的小さい第 2 及び第 3 光ビームを対物レンズユニット 1 3 に入射させても、光透過層 1 4 b₁, 1 4 c₁の厚さの違いにより発生する球面収差を補正するのに十分な発散度合いの光ビームを対物レンズ 1 2 に入射させることができる。なお、第 1 光ビームが平行光で対物レンズ 1 2 に入射する場合、第 1 光ビームが収束光や発散光で対物レンズ 1 2 に入射する場合に最適設定されている場合の、どちらの場合においても $\Phi_{inb}\neq 0$ であってもかまわない。ただし、後述する実施例に記載しているように、対物レンズユニット 1 3 のラジアル方向へのシフトの影響をほぼなくすることができるようにするために、 $\Phi_{inb}=0$ が好ましい。

【0 0 9 5】

次に、回折光学素子 1 1 の回折面（回折面 D）で回折した光ビームのうち、利用する光ビームの回折次数について説明する。ブレース化した回折格子 1 1 a の回折効率 η_m は、以下の数式 (8) で求める事ができる。

【0 0 9 6】

【数 5】

$$\eta_m = \left| \frac{1}{T} \int_0^T A(x) \exp\{i \phi(x)\} \exp(-i \frac{2\pi mx}{T}) dx \right|^2 \quad \dots (8)$$

【0 0 9 7】

ここで、 m は回折次数、 $A(x)$ は透過振幅分布、 $\phi(x)$ は位相分布、 T は x 軸方向の周期の長さを示す。なお、以下の計算においては $A(x) = 1$ として規格化している。この数式(8)を用いて、PC(ポリカーボネイト)基板に回折格子を形成した場合の回折効率を具体的に計算した結果を図5に示す。

【0 0 9 8】

図5において、 B_0 、 B_1 、 B_2 、 R_0 、 R_1 、 I_{r0} 、及び I_{r1} は、それぞれ第1光ビームの0次回折光、1次回折光、2次回折光、第2光ビームの0次回折光、1次回折光、第3光ビームの0次回折光、1次回折光の回折率を表している。

【0 0 9 9】

図5から判るように、第1、第2及び第3光ビームそれぞれの利用効率を高めるためには、上記回折光学素子11を通過する第1、第2及び第3光ビームの利用次数、つまり、回折次数を、第1光ビームの回折次数と同じかもしくはそれより低くすればよく、上記回折光学素子11の回折面における回折格子11aの深さを、対物レンズ12に入射する各光ビームの回折光の回折効率が、それぞれ、他の回折次数の回折光の回折効率よりも高くなるように設定すればよい。第1光ビームの回折次数を1次とする場合、例えば第1光ビームを2次回折光とする場合に比べ、回折光学素子11に入射する第2及び第3光ビームの発散度合い Φ_{inr} 及び Φ_{inIr} の絶対値を小さくすることができ、対物レンズユニット13のラジアル方向へのシフトの影響をなくすることができるという利点がある。

【0 1 0 0】

本実施の形態では、波長が最も短い第1光ビームは1次回折光とし、該第1光ビームよりも波長が長い第2、第3光ビームは、上記第1光ビームの回折次数と同じかもしくはそれより低い回折次数の回折光とし、上記回折光学素子11の回折面における回折格子11aの深さを、対物レンズ12に入射する各光ビームの

回折光の回折効率が、それぞれ、他の回折次数の回折光の回折効率よりも高くなるように設定する。

【0 1 0 1】

以下に、具体例を挙げてより詳細に説明する。

【0 1 0 2】

〔実施例 1〕

まず、図 5 に基づき、第 1、第 2 及び第 3 光ビームそれぞれの利用効率を高めるため、先ず、回折光学素子 1 1 を通過する第 1、第 2 及び第 3 光ビームの利用次数を、第 1 光ビームは 1 次回折光で利用し、第 2 光ビームは 0 次回折光で利用し、第 3 光ビームは 0 次回折光で利用するように設定する場合について、以下に説明する。

【0 1 0 3】

具体的には回折光学素子の材料として P C を使った場合、図 5 より、回折格子の深さを約 $0.33 \mu\text{m}$ から $0.57 \mu\text{m}$ にすることで、第 1 光ビームに対しては 1 次回折光が、該第 1 光ビームの 0 次及び 2 次回折光より回折効率が高く、第 2 及び第 3 光ビームに対しては 0 次回折光が、該第 2 及び第 3 光ビームの 1 次回折光より回折効率が高くすることができる。これにより、第 1、第 2 及び第 3 光ビームのどの光ビームに対しても利用効率をあげることができ、高出力の光ビームが必要な情報の記録や消去を行う光ピックアップを容易に実現できる。また、光源の出力を小さくできるため消費電力を抑えることができる。

【0 1 0 4】

また、同図 5 において、回折格子の深さを、 $0.56 \mu\text{m}$ から $0.84 \mu\text{m}$ の範囲内、好適には約 $0.7 \mu\text{m}$ にすることで、第 1 光ビームを 90% 以上、好適には 100%、利用可能であり、かつ、第 2 及び第 3 光ビームにおいても 30% 以上で利用可能になる。これにより、各上記第 1、第 2、第 3 光ビーム出力を小さくすることができるため、各半導体レーザの消費電力を抑えることができる。また、この場合、高出力のレーザを作成することが困難な第 1 光ビーム（青色光）に対して、より利用効率の高い光ピックアップを実現することができる。

【0 1 0 5】

実施例 1 に係る光ピックアップ 20 は、集光特性がより厳しくなる第 1 光ビームに対して、対物レンズユニット 13 のラジアル方向へのシフトの影響をほぼなくすることができるように、第 1 光ビームが、平行光で回折光学素子 11 に入射する構成である。すなわち、第 1 光ビームが回折光学素子 11 に入射するときの収束／発散度合い $\phi \times \Phi_{inb} = 0$ となる構成である。なお、ここでは、第 1 光ビームに対する有効径 $\phi = 3 \text{ mm}$ の対物レンズ 12 を使用した。

【0106】

また、実施例 1 においては、第 1 光ビームに対しては、平行光で回折光学素子 11 に入射し、該回折光学素子 11 の回折面で 1 次回折光を利用し、第 2 光ビームに対しては平行光で回折光学素子 11 に入射し、該回折光学素子 11 の回折面で 0 次回折光を利用し、第 3 光ビームに対しては発散光束で回折光学素子 11 に入射し、該回折光学素子 11 の回折面で 0 次回折光を利用する光ピックアップ 20 を作製した。

【0107】

回折光学素子 11 は凹面（屈折面 V）と回折格子 11a とで構成されており、対物レンズ 12 の光源側に配置され、凹面は非球面形状とした。

【0108】

ここで、凹面を非球面形状とすることで、第 2 及び第 3 光ディスク 14b, 14c に対して、光透過層の厚みの差により発生する球面収差をさらに補正し、かつ、対物レンズユニット 13 のラジアル方向へのシフト特性をより改善することができ、より良好な集光特性が得ることができる。

【0109】

実施例 1 の光ピックアップ 20 では、第 1 光ディスク 14a に対しては、第 1 光ビームが回折光学素子 11 に平行光で入射し、回折格子 11a による回折面（回折面 D）で 1 次回折方向（光軸に対して収束方向）に回折された光ビームが、凹面で発散方向に屈折されることにより、平行光で対物レンズ 12 に入射し、光透過厚 0.1 mm の第 1 光ディスク 14a 上に集光し、良好な集光特性が得られる。

【0110】

第2光ディスク14bに対しては、第2光ビームが回折光学素子11にほぼ平行光で入射した場合、回折面では回折されない第2光ビームが、凹面で発散方向に屈折することにより、所定の発散度合いの光束（本実施例1では $\phi \times \Phi_{\text{out}r} = -0.03$ ）で対物レンズ12に入射し、光透過厚0.6mmと厚い第2光ディスク14bに対して良好な集光特性が得ることができる。また、凹面の形状を非球面とすることで残存する球面収差をさらに補正し、かつ、対物レンズユニット13のシフト特性の悪化を抑えることができ、より良好な集光特性が得ることができる。

【0111】

このとき、回折光学素子11を配置することで、対物レンズユニット13に、第2光ビームをほぼ平行光で入射しても、対物レンズ12には所定の発行度合いで光ビームを入射することが可能になる。そのため、対物レンズユニット13のラジアル方向のシフトに対する影響を小さくすることができる。

【0112】

また、第3光ディスク14cの場合、第3光ビームが回折光学素子11に発散光束で入射した場合、回折面で回折されない光ビームが、凹面で発散方向に屈折することにより、所定の発散度合いの光束（本実施例1では、 $\phi \times \Phi_{\text{out}lr} = -0.07$ ）で対物レンズ12に入射し、光透過厚1.2mmと厚い第3光ディスク14cに対して良好な集光特性が得ることができる。また、凹面の形状を非球面とすることで残存する球面収差をさらに補正し、かつ、対物レンズユニット13のシフト特性の悪化を抑えることができ、より良好な集光特性が得ることができる。

【0113】

このとき、回折光学素子11を配置することで対物レンズ12に入射する発散度合いより小さな発散度合いの光ビームを対物レンズユニット13に入射することが可能になり、対物レンズユニット13のラジアル方向のシフトに対する影響を小さくすることができる。

【0114】

以上のように、実施例1に係る光ピックアップ20における回折光学素子11

の回折面は第1光ビームに対しては1次回折光、第2及び第3光ビームに対しては0次回折光を利用しているため、高出力の光ビームが必要な情報の記録や消去を行う光ピックアップが容易に実現できる。また、光源の出力を小さくできるため、消費電力を抑えることができる。

【0115】

また、実施例1では、収束型の回折面と凹面を組み合わせた回折光学素子11を配置することで対物レンズユニット13に弱い発散光を入射するだけで、対物レンズ12に所定の発散度合いで光ビームを入射することが可能になる。そのため、対物レンズユニット13のラジアル方向へのシフトに対する影響を小さくすることができ、また半導体レーザ1a, 1b, 1cを、上記対物レンズユニット13に対し、遠い位置に配置することが可能になり、該半導体レーザ1a, 1b, 1cの配置が容易になる。しかも、上記回折光学素子11が、収束型の回折面と凹面からなる屈折面とを有していることで、第1光ディスク14a専用の光ピックアップよりも使用可能な波長範囲が広くなり、第1光ディスク14a専用の対物レンズを単体で用いる場合よりも波長依存特性を改善することができる。このため、上記の構成によれば、モードポップなどによる波長変動が生じてても、良好な集光特性を保つことができる。また、上記の構成によれば、回折光学素子11の回折面の最小ピッチを広げることができ、回折光学素子11の作成を容易にすることができる。

【0116】

実施例1で作製した光ピックアップ20を用いて第1, 第2及び第3光ビームをそれぞれ第1, 第2及び第3光ディスク14a, 14b, 14cに集光させた場合における対物レンズユニット13のラジアル方向のシフト（対物シフト）のシフト量に対する像面での波面収差 λ_{rms} の変化を図6（a）～（c）に実線aで示す。また、比較のために作製した光ピックアップ（以下、比較用光ピックアップ（I）と記す）を用いて同様の操作を行った場合における対物レンズユニット13のラジアル方向のシフト（対物シフト）のシフト量に対する像面での波面収差 λ_{rms} の変化を図6（a）～（c）に破線bで示す。なお、図6（a）は第1光ビームを第1光ディスク14aに集光した結果であり、図6（b）は第

2 光ビームを第 2 光ディスク 1 4 b に集光した結果であり、図 6 (c) は第 3 光ビームを第 3 光ディスク 1 4 c に集光した結果である。なお、本明細書においては、収差の量を表す語として、前記したように波面収差を使用する。

【0 1 1 7】

また、比較用光ピックアップ (I) は、第 1 光ビームを対物レンズに対して平行光で入射させ、第 2 及び第 3 光ビームについては光透過層厚の差による球面収差を補正するために所定の発散光を対物レンズに入射させ、その発散光の光路中に対物レンズのシフト特性の悪化を防ぐために非球面のレンズを挿入し、波面収差が最適となるように作製したものである。

【0 1 1 8】

図 6 (a) からわかるように、実施例 1 に係る光ピックアップ 2 0 を用いることにより、対物レンズユニット 1 3 のラジアル方向へのシフトによる影響を抑え、第 1 光ディスク 1 4 a に良好な集光スポットを形成することができる。

【0 1 1 9】

また、図 6 (b) からわかるように、実施例 1 に係る光ピックアップ 2 0 を用いることにより、第 2 光ビームをほぼ平行光で回折光学素子 1 1 に入射させるため、第 2 光ディスクに良好な集光スポットを形成することができる。特に、実施例 1 では、比較用光ピックアップ (I) と比較して、第 2 光ビームを発散光で回折光学素子 1 1 に入射させることにより発生する対物レンズユニット 1 3 のラジアル方向のシフトによる影響が小さく抑えられている。

【0 1 2 0】

また、図 6 (c) からわかるように、実施例 1 に係る光ピックアップ 2 0 を用いることにより、第 3 光ディスク 1 4 c に良好な集光スポットを形成することができる。実施例 1 の光ピックアップ 2 0 によれば、第 3 光ビームを発散光で回折光学素子 1 1 に入射させることにより発生する、対物レンズユニット 1 3 のシフトによる影響を、比較用光ピックアップ (I) と比較して低減することができる。

【0 1 2 1】

このように、実施例 1 の光ピックアップ 2 0 では、第 1 光ビームについては比

較用光ピックアップ（I）と同等、第2及び第3光ディスク14b, 14cについて従来の光ピックアップより良好な波面収差を得ることができる。

【0122】

次に、実施例1の光ピックアップ20を用いて第1光ビームを第1光ディスク14aに集光させた場合における第1光ビームの波長の変化（シフト）に対する波面収差 λ rms の変化を図7に実線cで示す。また、比較のために作製した第1光ディスク14a専用の光ピックアップ（以下、比較用光ピックアップ（II）と記す）を用いた場合における第1光ビームの波長の変化（シフト）に対する波面収差 λ rms の変化を図7に破線dで示す。比較用光ピックアップ（II）は、実施例1に係る光ピックアップ20における対物レンズ12（第1光ビーム専用の対物レンズ12）単体で対物レンズユニットを構成したものである。ここで、各波長における波面収差の値は、波面収差が最小となる波長における最良像点の位置での値である。

【0123】

図7からわかるように、実施例1に係る光ピックアップ20では、比較用光ピックアップ（II）よりも使用可能な波長範囲が広い。また、実施例1に係る光ピックアップ20では、第1光ディスク14a専用の光ピックアップよりもモードホップなどのようなアクチュエーターが追従できない波長変動に対しての収差の劣化が少ない。これらは、実施例1に係る光ピックアップ20の回折光学素子11が収束型の回折格子11a及び平凹レンズで構成されているためであり、これにより、第1光ビーム専用の対物レンズを単体で用いる場合よりも波長依存特性を改善することができる。

【0124】

一般的に、次世代高密度光ディスクで使用する高NAの対物レンズは屈折率の高い硝材を使用しているため、波長依存性が大きく、そのためモードホップなどのようなアクチュエーターが追従できない波長変動に対して焦点位置が大きくずれてしまい良好なスポットを形成することが困難である。しかし、実施例1に係る光ピックアップ20を用いれば、モードホップなどによる波長変動が生じてても、良好な集光スポットを形成することができる。

【 0 1 2 5 】

〔実施例 2〕

次に、図 5 に基づいて、第 1、第 2 及び第 3 光ビームそれぞれの利用効率を高めるため、回折光学素子 1 1 を通過する第 1、第 2 及び第 3 光ビームの利用次数を、何れも 1 次回折光で利用するように設定する場合について、以下に説明する。

【 0 1 2 6 】

具体的には回折光学素子 1 1 の材料として P C を使った場合、回折格子 1 1 a の深さを約 $0.76 \mu\text{m}$ から $0.98 \mu\text{m}$ にすることで、第 1 光ビームに対しては、1 次回折光が該第 1 光ビームの 0 次及び 2 次回折光より回折効率が高く、第 2 及び第 3 光ビームに対しては、1 次回折光が該第 2 及び第 3 光ビームの 1 次回折光より回折効率が高くすることができる。これにより、第 1、第 2 及び第 3 光ビームのどの光ビームに対しても利用効率をあげることができ、高出力の光ビームが必要な情報の記録や消去を行う光ピックアップを実現することができる。また、光源の出力を小さくできるため、消費電力を抑えることができる。

【 0 1 2 7 】

また、図 5 において、回折格子の深さを、 $0.56 \mu\text{m}$ から $0.84 \mu\text{m}$ の範囲内、好適には約 $0.7 \mu\text{m}$ にすることで第 1 光ビームを 9 0 % 以上、好適には 1 0 0 %、利用可能で、かつ、第 2 及び第 3 光ビームにおいても 3 0 % 以上で利用可能になる。これにより、各上記第 1、第 2、第 3 光ビーム出力を小さくすることができるため、各半導体レーザの消費電力を抑えることができる。また、この場合、高出力のレーザを作成することが困難な第 1 光ビーム（青色光）に対して、より利用効率の高い光ピックアップを実現することができる。

【 0 1 2 8 】

実施例 2 に係る光ピックアップ 2 0 は、集光特性がより厳しくなる第 1 光ビームに対して、対物レンズユニット 1 3 のラジアル方向へのシフトの影響をほぼなくすることができるように、第 1 光ビームが、平行光で回折光学素子 1 1 に入射する構成である。すなわち、本実施例 2 に係る光ピックアップ 2 0 もまた、前記実施例 1 同様、第 1 光ビームが回折光学素子 1 1 に入射するときの収束／発散度合

い $\phi \times \Phi_{inb} = 0$ となる構成である。なお、ここでは、実施例 1 と同様に、第 1 光ビームに対する有効径 $\phi = 3 \text{ mm}$ の対物レンズ 1 2 を使用した。

【 0 1 2 9 】

実施例 2 においては、第 1 光ビームに対しては、平行光で回折光学素子 1 1 に入射し、回折光学素子 1 1 の回折面で 1 次回折光を利用し、第 2 光ビームに対しては、平行光で回折光学素子 1 1 に入射し、回折光学素子 1 1 の回折面で 1 次回折光を利用し、第 3 光ビームに対しては発散光束で回折光学素子 1 1 に入射し、回折光学素子 1 1 の回折面で 1 次回折光を利用する光ピックアップ 2 0 を作製した。

【 0 1 3 0 】

回折光学素子 1 1 は凸面（屈折面 V）と回折格子 1 1 a とで構成されており、対物レンズ 1 2 の光源側に配置され、凸面は非球面形状とした。

【 0 1 3 1 】

ここで、凸面を非球面形状とすることで、対物レンズユニット 1 3 のラジアル方向のシフト特性をより改善することができる。

【 0 1 3 2 】

実施例 2 の光ピックアップ 2 0 では、第 1 光ディスク 1 4 a に対しては、第 1 光ビームがこの回折光学素子 1 1 に平行光で入射し、回折格子 1 1 a による回折面（回折面 D）で 1 次回折方向（光軸に対して発散方向）に回折された光ビームが、凸面で収束方向に屈折されることにより、平行光で対物レンズ 1 2 に入射し、光透過厚 0. 1 mm の第 1 光ディスク 1 4 a 上に集光し、良好な集光特性が得られる。

【 0 1 3 3 】

第 2 光ディスク 1 4 b に対しては、第 2 光ビームが回折光学素子 1 1 にほぼ平行光で入射した場合、回折面で 1 次回折方向（光軸に対して発散方向）に回折された光ビームが、凸面で発散方向に屈折することにより、所定の発散度合いの光束（本実施例 2 では $\phi \times \Phi_{outr} = -0. 0 3$ ）で対物レンズ 1 2 に入射し、光透過厚 0. 6 mm と厚い第 2 光ディスク 1 4 b に対して良好な集光特性が得ることができる。また、凸面の形状を非球面とすることで残存する球面収差をさらに補

正し、かつ、対物レンズユニット 13 のシフト特性の悪化を抑えることができ、より良好な集光特性が得ることができる。

【0134】

このとき、回折光学素子 11 を配置することで、対物レンズユニット 13 に、第 2 光ビームをほぼ平行光で入射しても、対物レンズ 12 には所定の発行度合いで光ビームを入射することが可能になる。そのため、対物レンズユニット 13 のラジアル方向のシフトに対する影響を小さくすることができる。

【0135】

また、第 3 光ディスク 14 c の場合、第 3 光ビームが回折光学素子 11 に発散光束で入射した場合、回折面で 1 次回折方向（光軸に対して発散方向）に回折された光ビームが、凸面で収束方向に屈折することにより、所定の発散度合いの光束（本実施例 2 では $\phi \times \Phi_{\text{outIr}} = -0.07$ ）で対物レンズ 12 に入射し、光透過厚 1.2 mm と厚い第 3 光ディスク 14 c に対して良好な集光特性が得ることができる。また、凸面の形状を非球面とすることで残存する球面収差をさらに補正し、かつ、対物レンズユニット 13 のシフト特性の悪化を抑えることができ、より良好な集光特性が得ることができる。

【0136】

このとき、回折光学素子 11 を配置することで対物レンズ 12 に入射する発散度合いより小さな発散度合いの光ビームを対物レンズユニット 13 に入射することが可能になり、対物レンズユニット 13 のラジアル方向のシフトに対する影響を小さくすることができる。

【0137】

以上のように、実施例 2 に係る光ピックアップ 20 における回折光学素子 11 の回折面は、第 1、第 2 及び第 3 光ビームのそれぞれに対して 1 次回折光を利用することで高出力の光ビームが必要な情報の記録や消去を行う光ピックアップを容易に実現することができる。また、光源の出力を小さくできるため、消費電力を抑えることができる。

【0138】

また、実施例 2 では、発散型の回折面と凸面を組み合わせた回折光学素子 11

を配置することで対物レンズユニット 1 3 に弱い発散光を入射するだけで、対物レンズ 1 2 に所定の発散度合いで光ビームを入射することが可能になる。そのため、対物レンズユニット 1 3 のラジアル方向へのシフトに対する影響を小さくすることができ、また半導体レーザ 1 a, 1 b, 1 c を、上記対物レンズユニット 1 3 に対し、遠い位置に配置することが可能になり、該半導体レーザ 1 a, 1 b, 1 c の配置が容易になる。

【0 1 3 9】

実施例 2 で作製した光ピックアップ 2 0 を用いて第 1, 第 2 及び第 3 光ビームをそれぞれ第 1, 第 2 及び第 3 光ディスク 1 4 a, 1 4 b, 1 4 c に集光させた場合における対物レンズユニット 1 3 のラジアル方向へのシフト量に対する像面での波面収差 λ_{rms} の変化を図 8 (a) ~ (c) に実線 e で示す。また、上記光ピックアップ 2 0 に代えて、比較のために作製した従来の光ピックアップ（前記比較用光ピックアップ (I)）を用いて同様の操作を行った場合における対物レンズユニット 1 3 のラジアル方向のシフト（対物シフト）のシフト量に対する像面での波面収差 λ_{rms} の変化を図 8 (a) ~ (c) に破線 f で示す。なお、図 8 (a) は第 1 光ビームを第 1 光ディスク 1 4 a に集光した結果であり、図 8 (b) は第 2 光ビームを第 2 光ディスク 1 4 b に集光した結果であり、図 8 (c) は第 3 光ビームを第 3 光ディスク 1 4 c に集光した結果である。

【0 1 4 0】

なお、比較用光ピックアップ (I) は、前記したように、第 1 光ビームを対物レンズに対して平行光で入射させ、第 2 及び第 3 光ビームについては光透過層厚の差による球面収差を補正するために所定の発散光を対物レンズに入射させ、その発散光の光路中に対物レンズのシフト特性の悪化を防ぐために非球面のレンズを挿入し、波面収差が最適となるように作製したものである。

【0 1 4 1】

図 8 (a) からわかるように、実施例 2 に係る光ピックアップ 2 0 を用いることにより、対物レンズユニット 1 3 のラジアル方向へのシフトの影響を抑え、第 1 光ディスク 1 4 a に良好な集光スポットを形成することができる。

【0 1 4 2】

また、図 8 (b) からわかるように、実施例 2 に係る光ピックアップ 20 を用いることにより、第 2 光ビームをほぼ平行光で回折光学素子 11 に入射させるため、第 2 光ディスクに良好な集光スポットを形成することができる。特に、本実施例 2 では、比較用光ピックアップ (I) と比較して、第 2 光ビームを発散光で回折光学素子 11 に入射させることにより発生する対物レンズユニット 13 のラジアル方向のシフトによる影響が小さく抑えられている。

【0143】

また、図 8 (c) からわかるように、実施例 2 に係る光ピックアップ 20 を用いることにより、第 3 光ビームを発散光で回折光学素子 11 に入射させることにより発生する、対物レンズユニット 13 のラジアル方向のシフトによる影響を、比較用光ピックアップ (I) と比較して低減することができる。

【0144】

このように、実施例 2 に係る光ピックアップ 20 では、比較用光ピックアップ (I) と比較して、第 2、第 3 光ディスク 14 b, 14 c に対する波面収差を低減することができる。

【0145】

また、上記の実施の形態では、光ピックアップ 20 について、第 1, 第 2 及び第 3 光ビームの利用回折光の次数を限定したが、これら光ビームの利用回折光の次数は、特に限定されるものではなく、第 1, 第 2 及び第 3 光ビームそれぞれに対して、他の次数の回折光より回折効率が高くなるように回折格子 11 a の深さを設定することができれば、第 1, 第 2 及び第 3 光ビームについて任意の次数の回折光を利用してもよい。

【0146】

例えば、光ピックアップ 20 において、第 1 光ビームについては 2 次回折光を利用し、第 2 及び第 3 光ビームについてはそれぞれ 1 次回折光を利用するように設定してもよい。これにより、第 1, 第 2 及び第 3 光ビームそれぞれの利用効率を高めることができる。

【0147】

具体的には回折光学素子の材料として PC の場合、図 5 より、回折格子の深さ

を約 $1.3 \mu\text{m}$ にすることで、第 1 光ビームをほぼ 100% 利用可能であり、かつ、第 2 及び第 3 光ビームにおいても 90% 以上で利用可能になる。これにより、高出力の光ビームが必要な情報の記録や消去を行う光ピックアップを容易に実現できる。また、光源の出力を小さくできるため、消費電力を抑えることができる。さらに、利用回折光以外の不要光がほとんど発生することがないため、再生時に再生信号検出光学系 15 a 等の検出器に迷光が入射することを抑制し、再生信号の劣化を抑えることができる。なお、上記した場合においても、上記回折光学素子 11 の屈折面を非球面とすることで、各光ディスクにおける光透過層の厚さの違いによって発生する球面収差をさらに補正し、かつ、上記対物レンズ 12 のシフト特性の悪化を抑えることができ、より良好な集光特性が得ることができる。

【0148】

また、上記実施の形態では、回折効率と回折格子の深さとの関係について、PC 基板に前記したブレード形状の回折格子 11 a を形成した場合を例に挙げて説明したが、上記した関係（傾向）は、ブレード化された透明基板全般に対して同様に見受けられるものであり、PC 基板にのみ限定されるものではない。すなわち、本発明は、これに限定されるものではなく、例えば、他の基板の回折格子を用いた場合にも、本願を適用することができるものである。

【0149】

本発明は上述した各実施例に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施例についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【0150】

【発明の効果】

本発明の光ピックアップは、以上のように、 $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ の関係を有する波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の第 1、第 2、第 3 の光ビームをそれぞれ出射する第 1、第 2、第 3 の光源を備え、上記第 1、第 2、第 3 の光ビームを、同じ集光手段により、光透過層の厚さが異なる第 1、第 2、第 3 の記録媒体の各情報記録面に集光させて情報の記録あるいは再生を行う光ピックアップにおいて、上記第 1、第

2, 第3の光源から上記対物レンズまでの共通の光路中に配置され、回折面と屈折面とを有し、各光ビームを、光ビームの波長に応じて収束／発散させると共に、上記回折面で、第1の光ビームは1次回折光とし、第2の光ビーム及び第3の光ビームは第1の光ビームの回折次数と同じかもしくはそれより低い回折次数の回折光として上記集光手段に入射させる回折光学素子を備え、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記集光手段に入射する各光ビームの回折光の回折効率が、それぞれ、他の回折次数の回折光の回折効率よりも高くなるように設定されている構成である。

【0 1 5 1】

上記の構成によれば、上記第1, 第2, 第3の光源から上記対物レンズまでの共通の光路中に上記回折光学素子が配置されることで、光透過層の厚さが異なる第1, 第2, 第3の記録媒体の各情報記録面に、互いに波長が異なる第1, 第2, 第3の光ビームが上記集光手段を介して形成する集光スポットの位置を変化させることができる。このため、上記の構成によれば、光透過層の厚さが異なる第1, 第2, 第3の記録媒体の各情報記録面に、互いに波長が異なる第1, 第2, 第3の光ビームを、1つの集光手段を用いて集光させることが可能であり、しかも、上記回折光学素子に対する上記第2, 第3の光ビームの発散度合いを抑えることができ、トラッキングなどによる上記集光レンズのラジアル方向へのシフトの影響を抑えることが可能となるという効果を奏する。

【0 1 5 2】

また、上記の構成によれば、各記録媒体に入射される光量のロスを、どの回折光に対しても低減することができるので、光透過層の厚さの異なる3つの記録媒体に対する互換性を有し、かつ、各記録媒体の各情報記録面に入射される各回折光の回折効率が高く、高出力の光ビームが必要となる情報の記録や消去を行うことができる光ピックアップを実現することができる。さらに、上記の構成によれば、各光ビームの出力を小さくすることができるため、光源での消費電力を抑えることができるという効果を併せて奏する。

【0 1 5 3】

本発明の光ピックアップは、以上のように、上記回折光学素子は、上記第1の

光ビームを 1 次回折光とし、第 2，第 3 の光ビームを 0 次回折光として上記集光手段に入射させ、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1 の光ビームに対しては 1 次回折光の回折効率が最も高く、第 2，第 3 の光ビームに対してはそれぞれ 0 次回折光の回折効率が最も高くなるように設定されている構成である。

【0 1 5 4】

上記の構成によれば、各記録媒体に入射される光量のロスを、どの回折光に対しても低減することができると共に、同じ集光手段を用いて異なる光透過層厚の記録媒体に対して良好な集光スポットを形成することができる。また、上記の構成によれば、上記回折光学素子に対する上記第 2，第 3 の光ビームの発散度合いを抑えることができ、トラッキングなどによる上記集光レンズのラジアル方向へのシフトの影響を抑えることが可能となる。このため、上記の構成によれば、光透過層の厚さの異なる 3 つの記録媒体に対する互換性を有し、かつ、各記録媒体の各情報記録面に入射される各回折光の回折効率が何れも高く、高出力の光ビームが必要となる情報の記録や消去を行うことができる光ピックアップを実現することができるという効果を奏する。さらに、上記の構成によれば、各光ビームの出力を小さくすることができるため、光源での消費電力を抑えることができるという効果を併せて奏する。

【0 1 5 5】

本発明の光ピックアップは、以上のように、上記回折光学素子は、上記回折面及び屈折面として、収束型の回折面と凹面の屈折面とを備えている構成である。

【0 1 5 6】

上記の構成によれば、第 1 の記録媒体専用の光ピックアップよりも使用可能な波長範囲が広くなり、第 1 の記録媒体専用の対物レンズを単体で用いる場合よりも波長依存特性を改善することができるので、モードポップなどによる波長変動が生じて、良好な集光特性を保つことができるという効果を奏する。また、上記の構成によれば、回折光学素子の回折面の最小ピッチを広げることができ、回折光学素子の作成を容易にすることができる。さらに、上記の構成によれば、上記集光手段に弱い発散光を入射するだけで、上記集光手段に所定の発散度合いで

光ビームを入射することが可能になる。そのため、上記集光手段のラジアル方向へのシフトに対する影響を小さくすることができると共に、上記集光手段に対する光源の位置を遠くすることが可能になり、光源の配置が容易になるという効果を併せて奏する。

【0 1 5 7】

本発明の光ピックアップは、以上のように、上記回折光学素子は、上記第 1，第 2，第 3 の光ビームを、それぞれ 1 次回折光として上記集光手段に入射させ、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第 1，第 2，第 3 の何れの光ビームに対しても 1 次回折光の回折効率が最も高くなるように設定されている構成である。

【0 1 5 8】

上記の構成によれば、各記録媒体に入射される光量のロスを、どの回折光に対しても低減することができると共に、同じ集光手段を用いて異なる光透過層厚の記録媒体に対して良好な集光スポットを形成することができる。また、上記の構成によれば、上記回折光学素子に対する上記第 2，第 3 の光ビームの発散度合いを抑えることができ、トラッキングなどによる上記集光レンズのラジアル方向へのシフトの影響を抑えることが可能となる。このため、上記の構成によれば、光透過層の厚さの異なる 3 つの記録媒体に対する互換性を有し、かつ、各記録媒体の各情報記録面に入射される各回折光の回折効率が何れも高く、高出力の光ビームが必要となる情報の記録や消去を行うことができる光ピックアップを実現することができるという効果を奏する。さらに、上記の構成によれば、各光ビームの出力を小さくすることができるため、光源での消費電力を抑えることができるという効果を併せて奏する。

【0 1 5 9】

本発明の光ピックアップは、以上のように、上記回折光学素子は、上記回折面及び屈折面として、発散型の回折面と凸面の屈折面とを備えている構成である。

【0 1 6 0】

上記の構成によれば、1 つの集光手段を用いて、光透過層の厚さが異なる各記録媒体に対して、良好な集光スポットを形成することができる。また、上記の構

成によれば、上記集光手段に弱い発散光を入射するだけで、上記集光手段に所定の発散度合いで光ビームを入射することが可能になる。そのため、上記の構成によれば、第2, 第3の光ビームの上記回折光学素子への発散度合いを抑えることができ、上記集光手段のラジアル方向へのシフトによる集光特性の劣化をより効果的に抑えることができると共に、上記集光手段に対する光源の位置を遠くすることが可能になり、光源の配置が容易になるという効果を奏する。

【0161】

本発明の光ピックアップは、以上のように、上記回折光学素子の回折面における回折格子の深さは、上記第1の光ビームの1次回折光の回折効率が90%以上になるように設定されている構成である。

【0162】

上記の構成によれば、上記第1, 第2, 第3のどの光ビームの回折光に対しても回折効率を向上させることができる。これにより、各光ビームの出力を小さくすることができるため、光源の消費電力を抑えることができる。また、上記の構成によれば、高出力のレーザを作成することが困難な第1の光ビームに対して、より利用効率の高い光ピックアップを実現することができるという効果を奏する。

【0163】

本発明の光ピックアップは、以上のように、上記回折光学素子に入射する第2, 第3光ビームの収束/発散度合いをそれぞれ Φ_{inr} , Φ_{inIr} とし、上記集光レンズに入射する第2, 第3光ビームの収束/発散度合いをそれぞれ Φ_{outr} , Φ_{outIr} とすると、

$$|\Phi_{outr}| > |\Phi_{inr}|, \text{ かつ、 } |\Phi_{outIr}| > |\Phi_{inIr}|$$

を満足する構成である。

【0164】

上記の構成によれば、回折光学素子に入射する第2, 第3の光ビームよりも、回折格子から出射する第2, 第3の光ビームの方が、収束/発散度合いの絶対値を大きくなるようにすることにより、光透過層の厚さが異なることにより発生する球面収差の増大抑制効果を十分に得つつ、回折光学素子に対して入射させる第

2, 第3の光ビームの収束／発散度合いの絶対値を小さくすることが可能となるという効果を奏する。

【0 1 6 5】

本発明の光ピックアップは、以上のように、上記回折光学素子の屈折面は非球面である構成である。

【0 1 6 6】

上記の構成によれば、上記各記録媒体の光透過層の厚さの違いによって発生する球面収差をさらに補正し、かつ、上記集光手段のシフト特性の悪化を抑えることができ、より良好な集光特性が得ることができるという効果を奏する。

【0 1 6 7】

本発明の光ピックアップは、以上のように、上記回折光学素子の回折面は、屈折面上に形成されている構成である。

【0 1 6 8】

上記の構成によれば、回折光学素子の屈折面と回折面との位置合わせが不要になり、回折光学素子をより容易に作製することができるという効果を奏する。

【0 1 6 9】

本発明の光ピックアップは、以上のように、上記回折光学素子の回折面における回折格子は、鋸歯状または階段状に形成されている構成である。

【0 1 7 0】

上記の構成によれば、回折光学素子における各光ビームの回折効率を向上させることができる。これにより、各光ビームの出力を小さくすることができるため、光源での消費電力を抑えることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の一形態に係る光ピックアップにおける光ビームの収束／発散度合いの一実施例を示す断面図であり、(a)～(c)はそれぞれ青色光、赤色光及び赤外光の場合を示す断面図である。

【図 2】

本発明の実施の一形態に係る光ピックアップにおける光ビームの収束／発散度

合いの他の実施例を示す断面図であり、(a) ~ (c) はそれぞれ青色光、赤色光及び赤外光の場合を示す断面図である。

【図 3】

本発明の実施の一形態に係る光ピックアップの概略構成を示す構成図である。

【図 4】

図 3 の光ピックアップに備わる回折光学素子の回折面及び屈折面のパワー、並びに回折光学素子前後における光ビームの収束／発散度合いを説明するための断面図である。

【図 5】

図 3 の光ピックアップに備わる回折光学素子の回折格子の深さと、各回折次数についての回折効率との関係を示すグラフである。

【図 6】

図 1 に示す実施例と比較例とについて、対物シフトのシフト量と波面収差との関係を比較するグラフであり、(a) ~ (c) はそれぞれ青色光、赤色光及び赤外光の場合を示すグラフである。

【図 7】

図 1 に示す実施例において、青色光の波長シフトと波面収差との関係を示すグラフである。

【図 8】

図 2 に示す実施例と比較例とについて、対物シフトのシフト量と波面収差との関係を比較するグラフであり、(a) ~ (c) はそれぞれ青色光、赤色光及び赤外光の場合を示すグラフである。

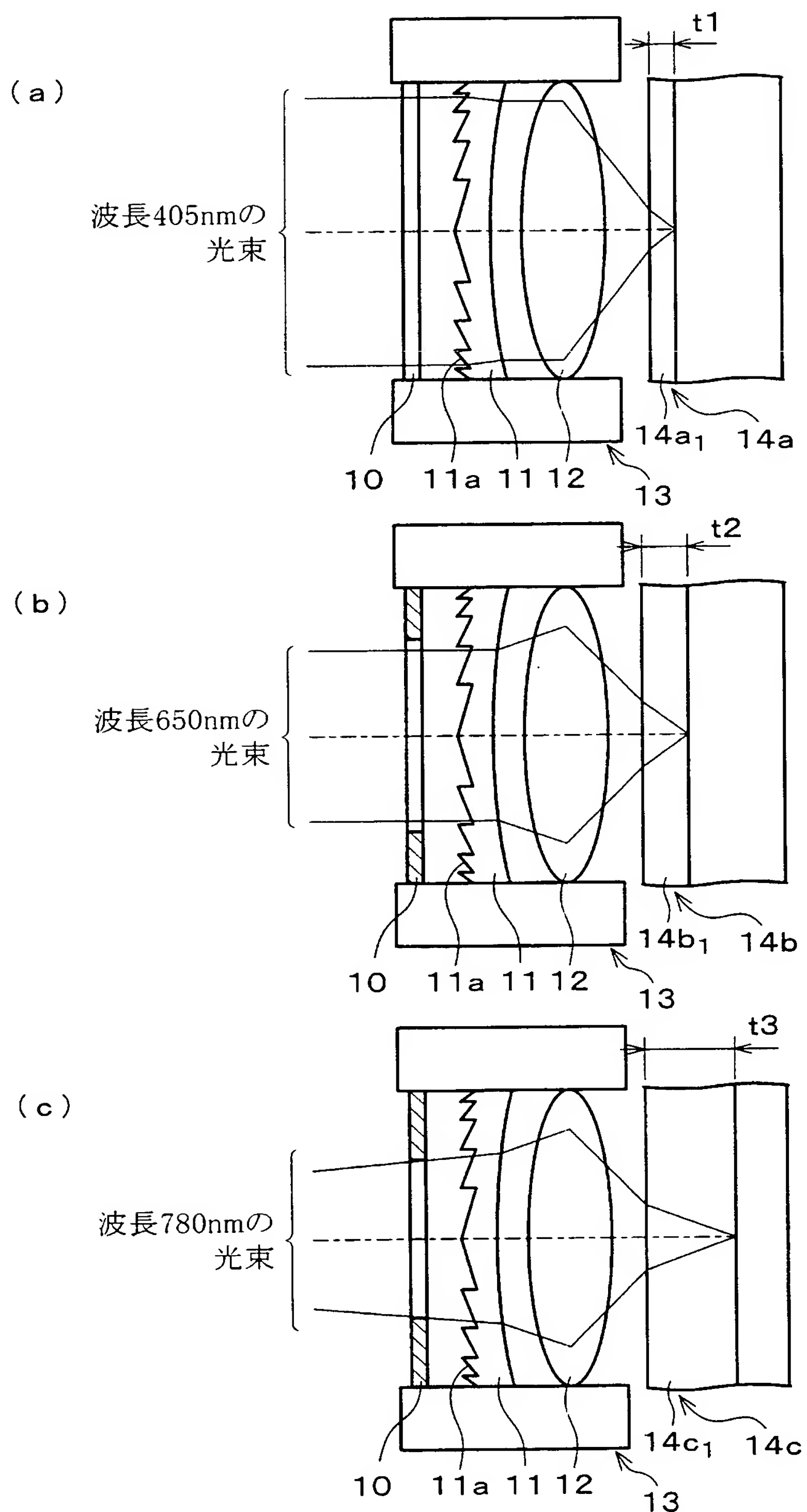
【符号の説明】

- 1 a 半導体レーザ
- 1 b 半導体レーザ
- 1 c 半導体レーザ
- 2 a コリメータレンズ
- 2 b コリメータレンズ
- 2 c コリメータレンズ

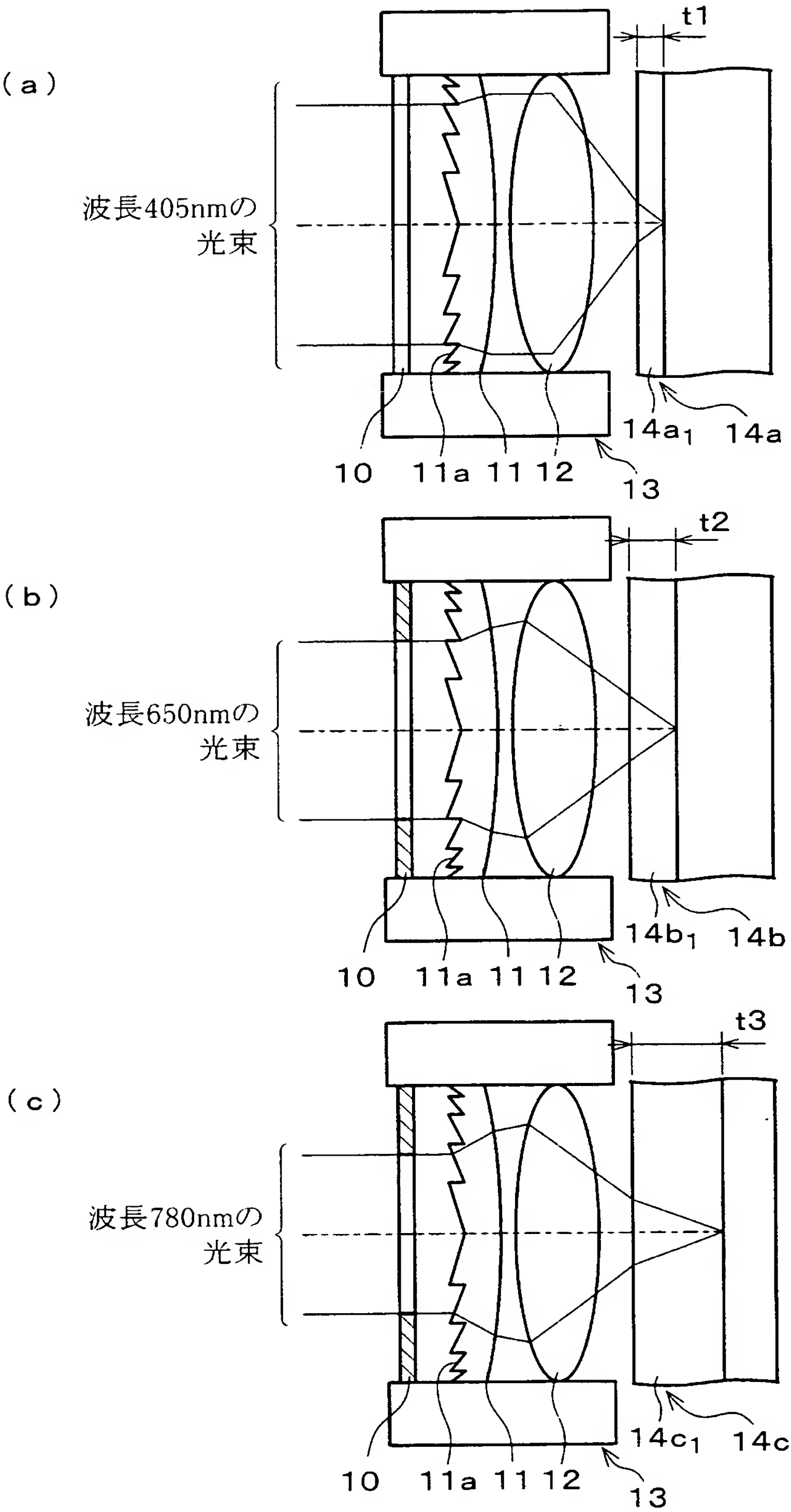
- 3 a 整形光学系
- 3 b 整形光学系
- 4 a ビームスプリッタ
- 4 b ビームスプリッタ
- 4 c ビームスプリッタ
- 5 ダイクロミラー
- 6 球面収差補償系
- 7 ダイクロミラー
- 8 1 / 4 波長板
- 9 ミラー
- 1 0 波長選択性開口フィルタ
- 1 1 回折光学素子
- 1 1 a 回折格子
- 1 2 対物レンズ
- 1 3 対物レンズユニット
- 1 4 a 第 1 光ディスク (第 1 記録媒体)
- 1 4 b 第 2 光ディスク (第 2 記録媒体)
- 1 4 c 第 3 光ディスク (第 3 記録媒体)
- 1 4 a 1 光透過層
- 1 4 b 1 光透過層
- 1 4 c 1 光透過層
- 1 5 a 再生信号検出光学系
- 1 5 b 再生信号検出光学系
- 1 5 c 再生信号検出光学系
- 1 6 a 第 1 光学系
- 1 6 b 第 2 光学系
- 1 6 c 第 3 光学系

【書類名】 図面

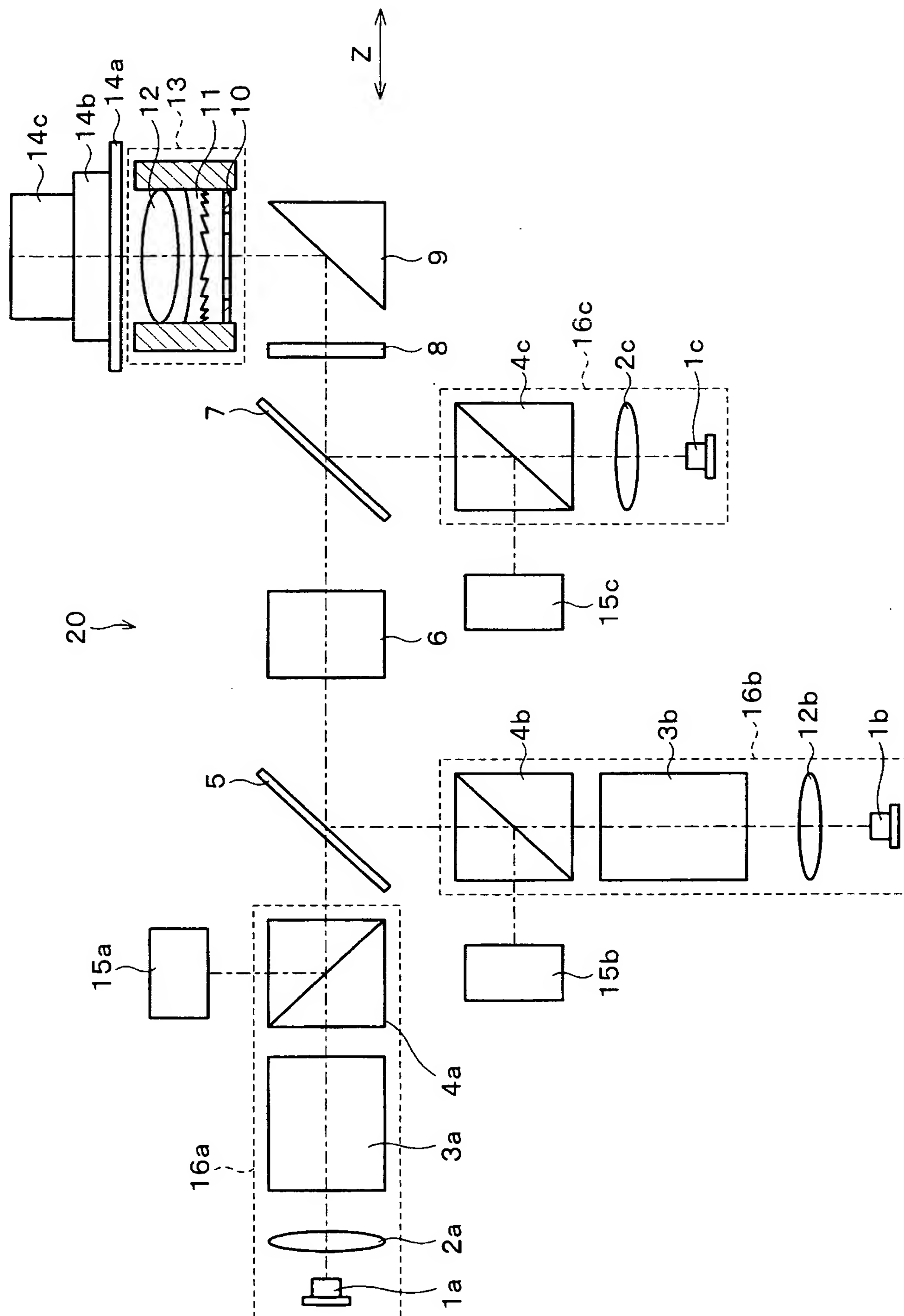
【図 1】



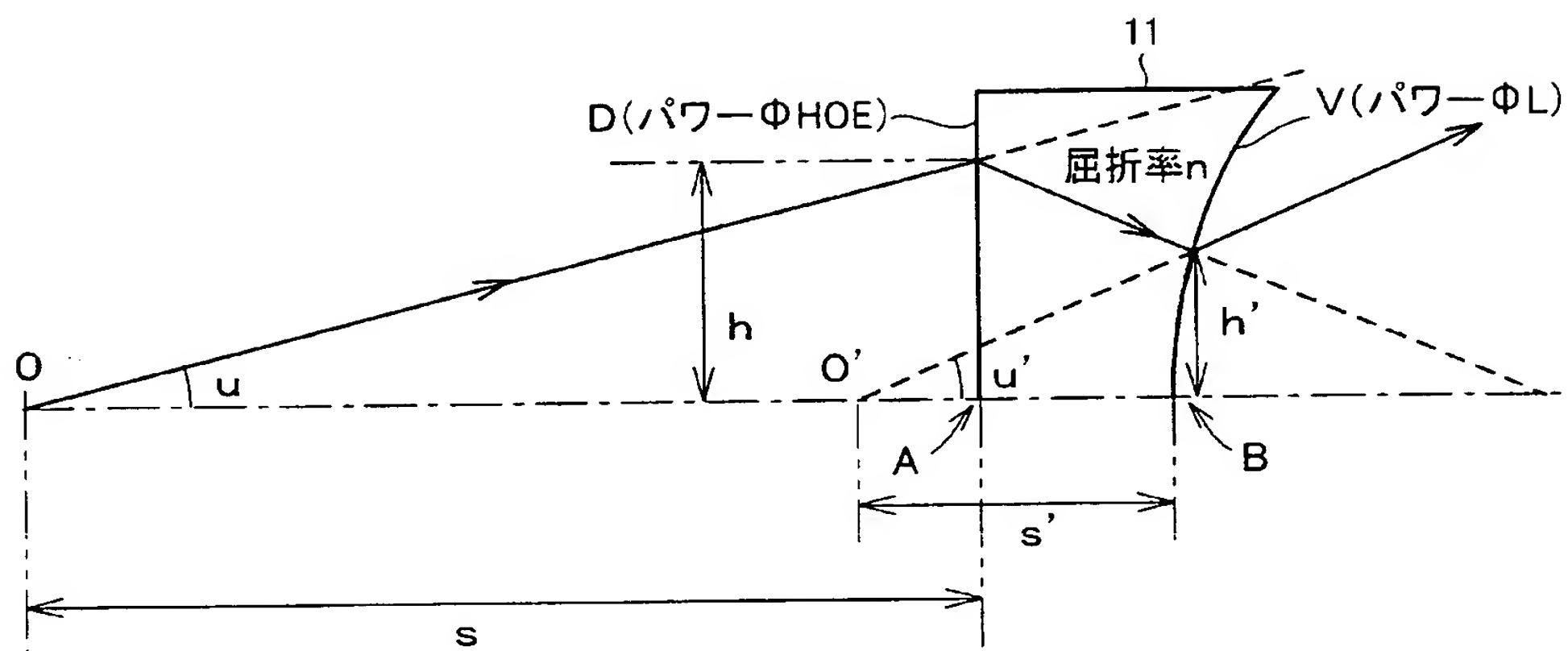
【図 2】



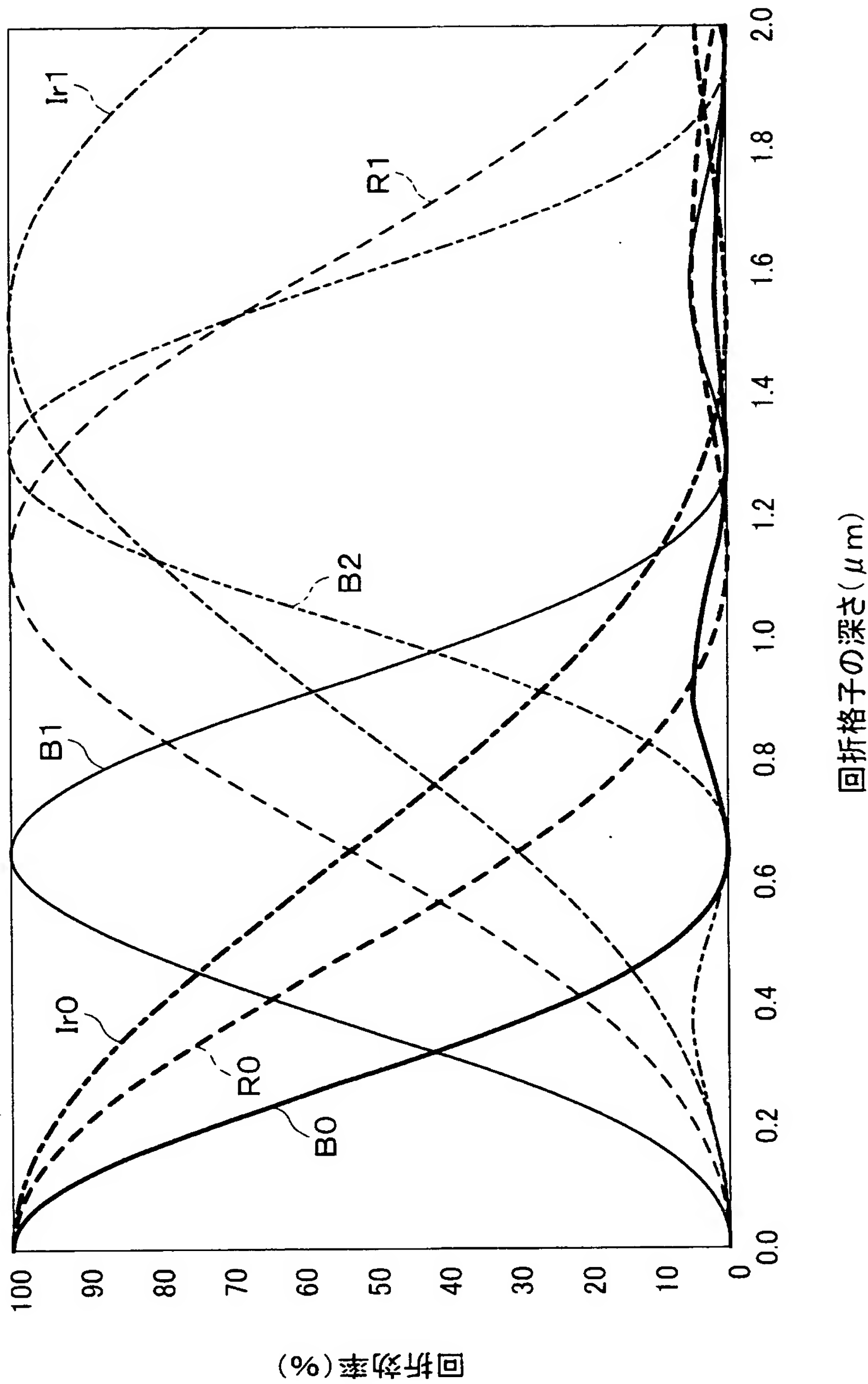
【図 3】



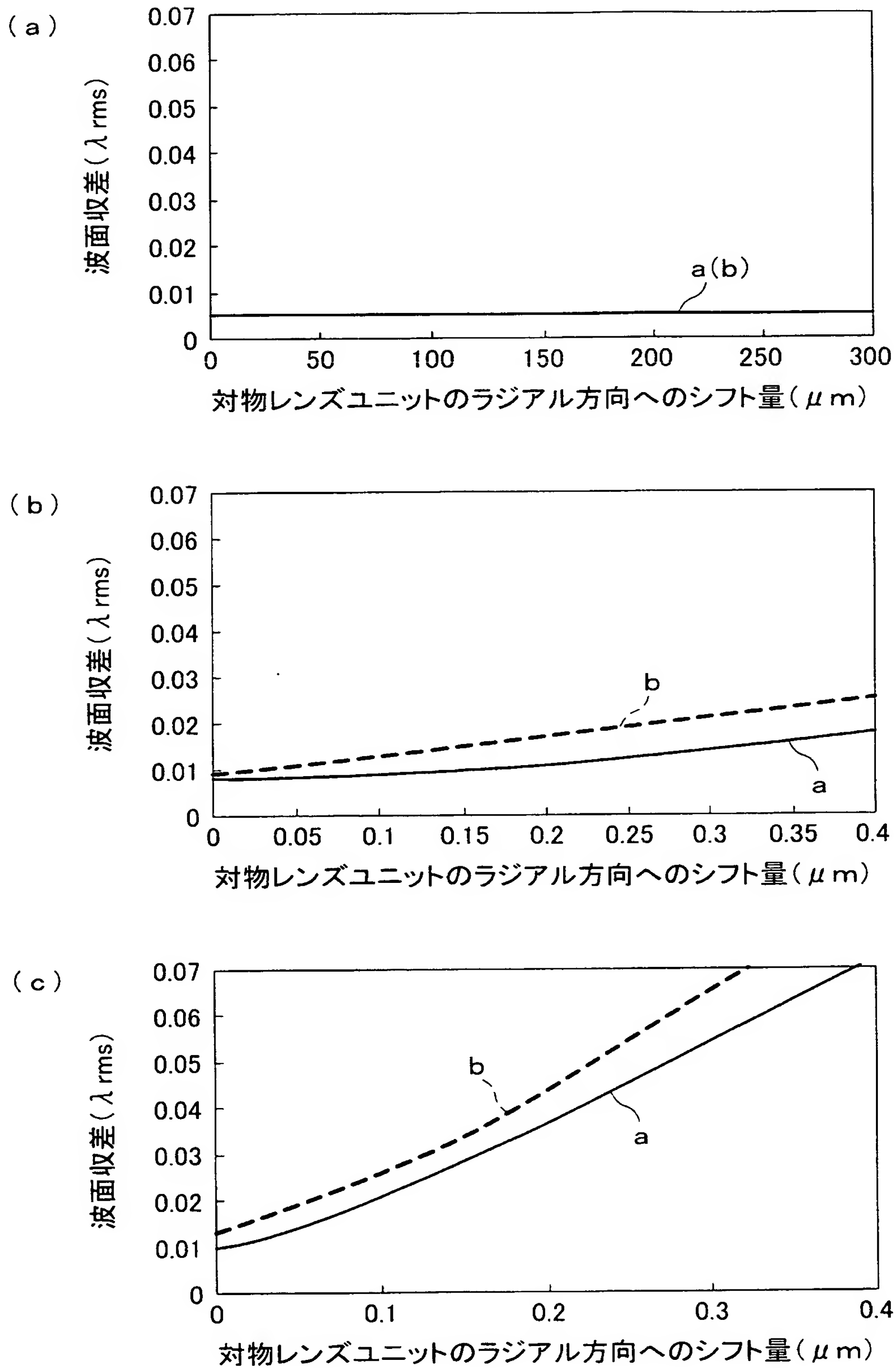
【図 4】



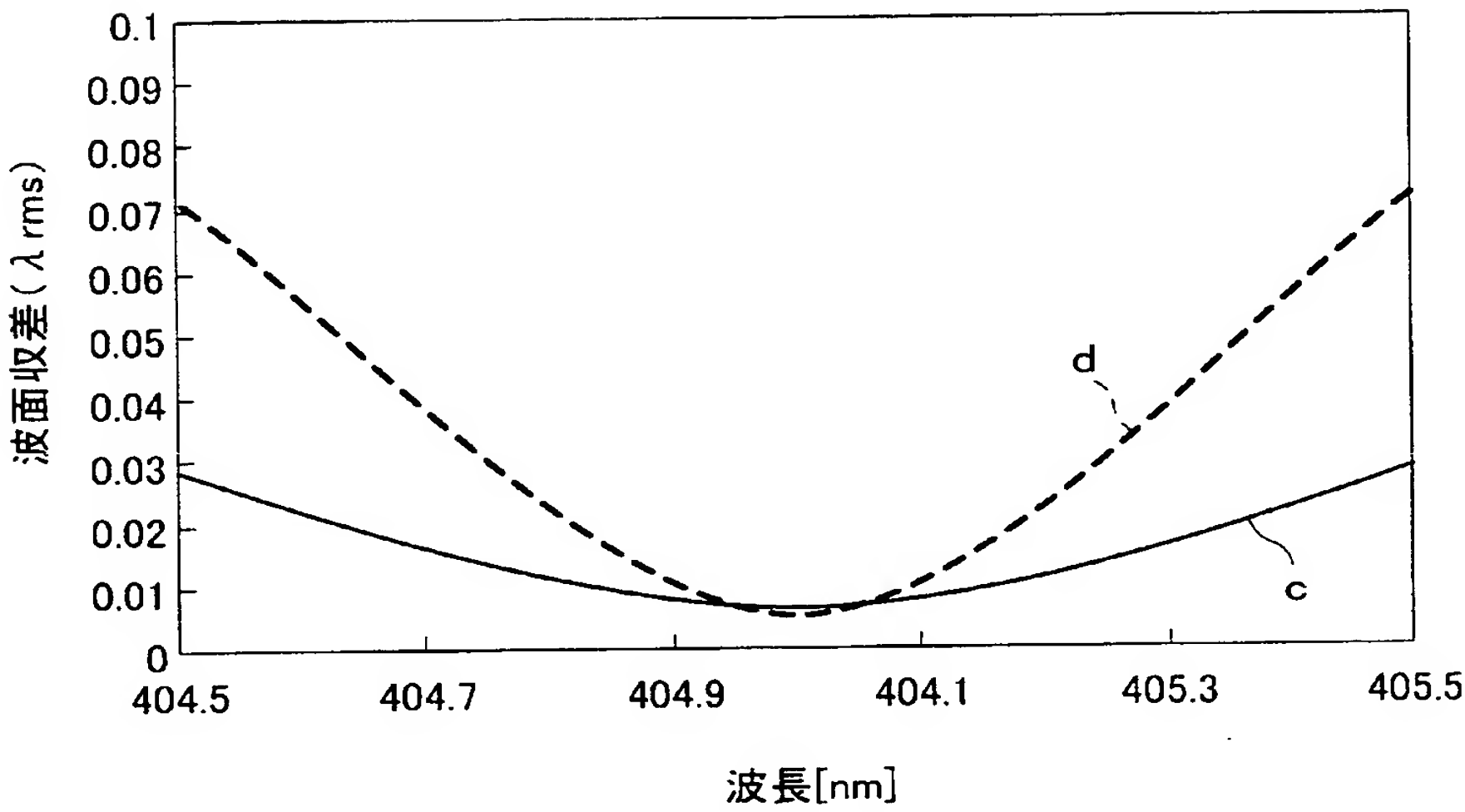
【図 5】



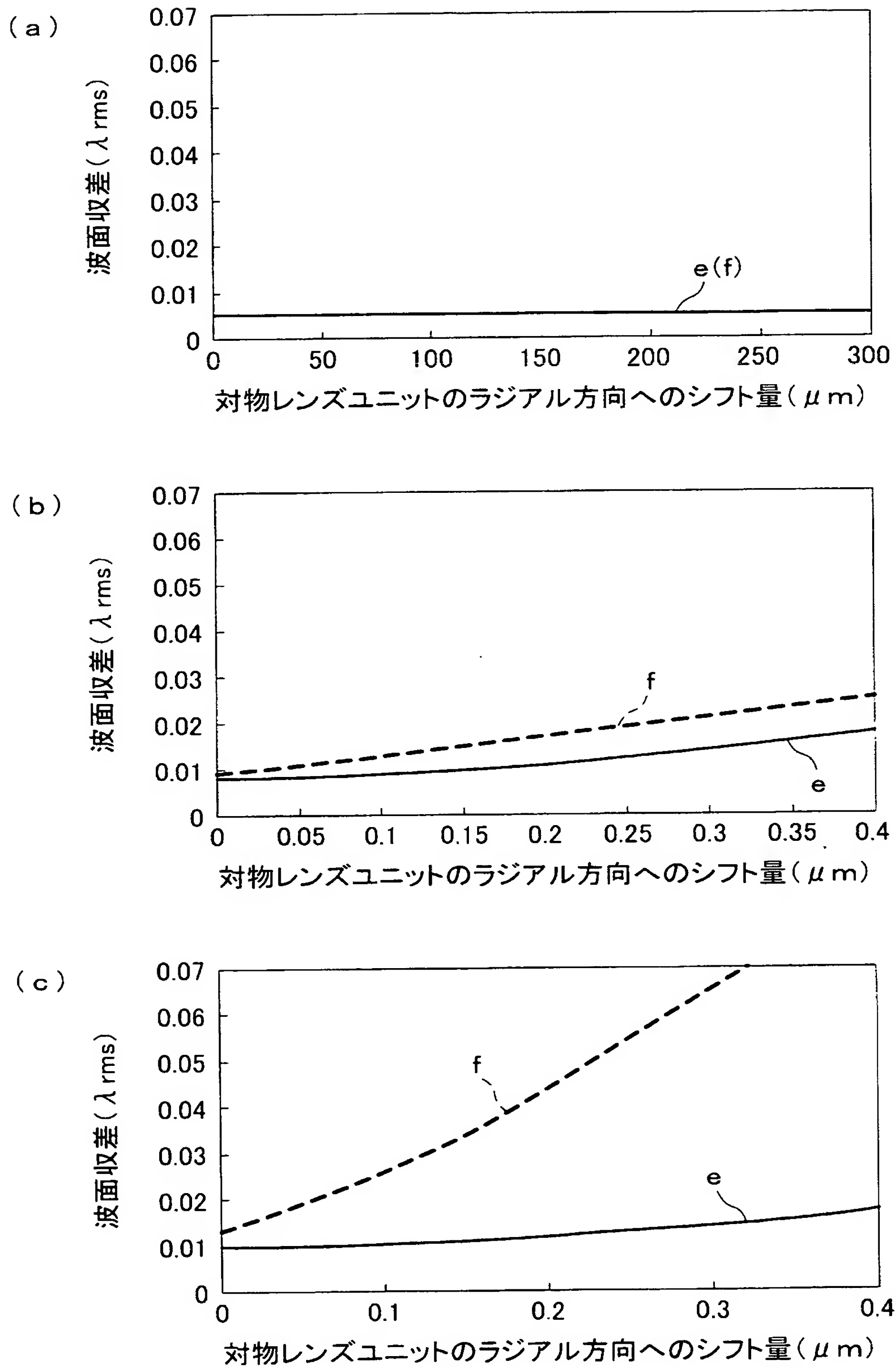
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光透過層の厚さ及び再生に最適な光ビームの波長が異なる複数の記録媒体に対して情報の記録または再生が可能であると共に、各記録媒体に入射される光量のロスを低減することができる光ピックアップを提供する。

【解決手段】 光ピックアップ 2 0 は、回折面と屈折面とを有し、波長 4 0 5 n m, 6 5 0 n m, 7 8 0 n m の第 1, 第 2, 第 3 光ビームを、各光ビームの波長に応じて収束／発散させると共に、上記回折面で、上記第 1 の光ビームは 1 次回折光とし、第 2, 第 3 の光ビームは第 1 の光ビームの回折次数と同じかもしくはそれより低い回折次数の回折光として対物レンズ 1 2 に入射させる回折光学素子 1 1 を備えている。上記回折光学素子 1 1 の回折面における回折格子 1 1 a の深さは、上記対物レンズ 1 2 に入射する各光ビームの回折光の回折効率が、それぞれ、他の回折次数の回折光の回折効率よりも高くなるように設定されている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 5 6 3 4 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変 更 理 由]

新 規 登 録

住 所

大 阪 府 大 阪 市 阿 倍 野 区 長 池 町 2 2 番 2 2 号

氏 名

シ ャ ー プ 株 式 会 社